Provincia di Forlì-Cesena

Rassegna delle tecnologie e dei prodotti per la riduzione delle emissioni di COV applicabili ai principali settori produttivi interessati della provincia di Forlì-Cesena

ERVET

Pubblicazione a cura dell'Assessorato Ambiente della Provincia di Forlì-Cesena

Assessore all'Ambiente: Maria Luisa Bargossi

Direttore del Settore Ambiente: Tolmino Giunchi

Coordinamento generale:

Ufficio Qualità dell'Aria, Energia, Inquinamento atmosferico, acustico ed elettromagnetico della Provincia di Forlì-Cesena

Vladimiro Alberti

Rita Rasi

Gabriele Landi

Testi a cura di ERVET S.p.a.:

Carlotta Ranieri

Alessandro Bosso

Gaspare Antonio Giglio

Alessandro Pullini

Enrico Cancila

Si ringraziano per la collaborazione:

Lamberto Veneri – Dipartimento di Sanità Pubblica - AUSL Forlì

Adriano Albonetti – Dipartimento di Sanità Pubblica - AUSL Forlì

Giancarlo Pasini – Dipartimento di Sanità Pubblica - AUSL Cesena

INDICE

1 PARTE AMMIN. FORLÌ 9

2 LA PROSPETTIVA DELLE TECNOLOGIE PIÙ PULITE PER LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DI COMPOSTI ORGANICI VOLATILI 10

3 ASPETTI AMBIENTALI E TECNOLOGIE PIÙ PULITE PER IL SETTORE DELLA LAVORAZIONE DEL LEGNO E PRODUZIONE DEI MOBILI 12

3.1 IL LEGNO: ASPETTI AMBIENTALI DELLA MATERIA PRIMA 12

3.2 ASPETTI AMBIENTALI COLLEGATI ALLE PRINCIPALI LAVORAZIONI DEL LEGNO 16

3.2.1 Aspetti ambientali collegati alle tipologie di vernici 17

3.2.2 Analisi dei principali sistemi di applicazione dei prodotti vernicianti relativamente al settore, aspetti legati alle emissioni di COV 20

3.2.3 Aspetti ambientali collegati ai principali tipi di adesivi 22

3.2.4 Analisi degli aspetti ambientali relativi ai principali sistemi di applicazione degli adesivi 26

3.2.5 Aspetti ambientali collegati alla formaldeide 27

3.2.6 Effetto dei solventi sull'uomo 30

3.2.7 Effetti degli ossidanti fotochimici 31

3.3 PRESENTAZIONE DELLA RASSEGNA DI TECNOLOGIE PIÙ PULITE APPLICABILI AL SETTORE ... 31

3.3.1 Vernici idrosolubili 32

3.3.2 Vernici poliuretaniche bicomponenti all'acqua 39

3.3.3 Vernici poliuretaniche ad alto solido 41

3.3.4 Vernici ad essiccazione UV 43

3.3.5 Adesivi monocomponenti a base d'acqua 50

3.3.6 Adesivi reattivi monocomponenti a base poliuretanica 53

3.3.7 Adesivi bi-componenti a basso potere irritante 56

3.3.8 Adesivi termofondenti 59

3.3.9 Adesivi UV/EB 62

3.3.10 Vernici e adesivi bioecologici 63
3.3.11 Assemblaggio fisico dei manufatti in legno 67

4 ASPETTI AMBIENTALI E TECNOLOGIE PIÙ PULITE PER IL SETTORE METALMECCANICO 71

4.1 DESCRIZIONE DEI PIÙ IMPORTANTI ASPETTI AMBIENTALI COLLEGATI AI PRINCIPALI PROCESSI DI LAVORAZIONE NEL SETTORE METALMECCANICO 71
4.2 SOLUZIONI A MINOR IMPATTO PER LA PULIZIA / SGRASSAGGIO E LA SVERNICIATURA DEI METALLI 74
4.2.1 Sostanze per pulizia/ sgrassaggio e sverniciatura alternative ai solventi 74
4.2.1.1 Soluzioni semi-acquose 74
4.2.1.2 Soluzioni acquose 77
4.3 TECNICHE A MINORE IMPATTO PER LA PULIZIA/SGRASSAGGIO E SVERNICIATURA DEI METALLI 84
4.3.1 Pulizia per immersione 84
4.3.2 Macchine lavatrici automatiche 86
4.3.3 Macchine lavatrici integrate 87
4.3.4 Lavaggio con ultrasuoni 92
4.3.5 Pulizia con megasuoni 96
4.3.6 Processi abrasivi di pulizia 98
4.3.6.1 Abrasivi Plastici 100
4.3.6.2 Amido di grano 101
4.3.6.3 Schiume abrasive 101
4.3.6.4 Bicarbonato di sodio 102
4.3.6.5 Pellets di CO_2 103
4.3.6.6 Fiocchi di CO_2 105
4.3.7 Spazzolatura 107
4.3.8 Getti ad alta pressione 108
4.3.9 Getti a bassa pressione 110
4.3.10 Lavaggio a vapore 111
4.3.11 Sistemi chiusi di pulizia con utilizzo di vapore (CEVC) 113

4.3.12 Lavaggio al plasma ... 115
4.3.13 Pulizia con fluido supercritico ... 117
4.3.14 Asportazione laser ... 119
4.3.15 UV/Ozono ... 121
4.3.16 Lampade flash allo xenon ... 122
4.3.17 Termosverniciatura ... 123
4.3.18 Rimozione in letto fluido ... 125
4.3.19 Bagni di sale fuso ... 126
4.3.20 Processo criogenico con utilizzo di azoto liquido ... 127
4.3.21 Indicatori di prestazione ambientale per i sistemi di pulizia e sgrassaggio ... 128
4.4 PRESENTAZIONE DELLE SOLUZIONI A MINOR IMPATTO PER LA VERNICIATURA ... 129
4.4.1 Vernici a base acquosa ... 129
4.4.1.1 Vernici acriliche in dispersione acquosa a base epossidica ... 131
4.4.1.2 Lattice acrilico in dispersione acquosa ... 132
4.4.1.3 Vernici alchidiche in dispersione acquosa ... 135
4.4.1.4 Vernici bicomponenti epossidiche in dispersione acquosa ... 136
4.4.1.5 Dispersioni uretaniche a base acquosa ... 139
4.4.1.6 Vernici alchidiche modificate e acriliche termoindurenti in dispersione acquosa 140
4.4.1.7 Vernici bicomponenti silicone-acriliche in dispersione acquosa ... 142
4.4.2 Vernici ad alto solido ... 145
4.4.2.1 Vernici alchidiche ... 146
4.4.2.2 Vernici estere epossidiche ... 147
4.4.2.3 Vernici uretaniche monocomponenti ... 148
4.4.2.4 Vernici bicomponenti epossidiche ... 150
4.4.2.5 Vernici bicomponenti uretaniche ... 152
4.4.2.6 Vernici alchidiche (ad essiccamento in forno) ... 154
4.4.2.7 Vernici poliuretaniche bicomponenti ... 156
4.4.2.8 Vernici siliconiche ... 156
4.4.3 Vernici in polvere ... 158
4.4.3.1 Vernici acriliche ... 166

4.4.3.2 Vernici epossidiche in polvere 167
4.4.3.3 Vernici ibride epossidiche-poliestere in polvere 168
4.4.3.4 Vernici a base di nylon 169
4.4.3.5 Vernici poliestere 170
4.4.3.6 Vernici polipropileniche in polvere 172
4.4.3.7 Vernici in polvere PVC 172
4.4.3.8 Vernici in polvere UV 173
4.4.4 Altre vernici 179
4.4.4.1 Plastisol 179
4.4.4.2 Vernici autoforetiche 180
4.4.4.3 Vernici a elettrodeposizione 181
4.4.4.4 Vernici EBC 186
4.4.4.5 Vernici UV 188
4.4.5 Indicatori di performance 192
4.5 TECNICHE DI VERNICIATURA 193
4.5.1 Atomizzazione Convenzionale 193
4.5.2 Atomizzazione Airless 194
4.5.3 Atomizzazione Mista 197
4.5.4 Atomizzazione HVLP (High Volume – Low Pressure) 199
4.5.5 Atomizzazione alla fiamma 202
4.5.6 Atomizzazione elettrostatica a pistola 205
4.5.7 Atomizzazione elettrostatica a rotazione 210

5 ASPETTI AMBIENTALI E TECNOLOGIE PIÙ PULITE PER IL SETTORE DELLA LAVORAZIONE DELLA VETRORESINA (BARCHE, FURGONATURA, PICCOLI COMPONENTI) 214

5.1 DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI ASPETTI AMBIENTALI COLLEGATI AL SETTORE IN ESAME 214
5.1.1 La vetroresina e i sistemi di lavorazione 214
5.1.1.1 La vetroresina 214
5.1.1.2 Il processo 215

5.1.2 Stato dell'arte delle tecnologie di lavorazione *216*
5.1.2.1 Stratificazione a mano o in automatico 216
5.1.2.2 Stampaggio ad iniezione di resina (RTM – Resin Transfer Molding) 217
5.1.2.3 Stampaggio con vuoto (VARTM – Vacuum Assisted Resin Transfer Molding) 218
5.1.2.4 Avvolgimento 218
5.1.2.5 Pultrusione 218
5.1.3 Quadro sintetico degli aspetti ambientali connessi ai processi di lavorazione della vetroresina *219*
5.2 PRESENTAZIONE DELLA RASSEGNA DI TECNOLOGIE PIÙ PULITE APPLICABILI AL SETTORE 220
5.2.1 Equipaggiamenti e metodi di lavorazione *222*
5.2.1.1 Sistemi a spruzzo controllato 223
5.2.1.2 Preimpregnati 225
5.2.1.3 Sistemi di impregnazione "in house" 228
5.2.1.4 Applicatori a rulli 229
5.2.1.5 Applicatori a flusso 230
5.2.1.6 Sacco sotto vuoto (Vacuum Bagging) 232
5.2.1.7 Stampaggio a iniezione di resina (RTM) 235
5.2.1.8 Infusione delle resine 239
5.2.2 Prodotti innovativi *241*
5.2.2.1 Resine a basso tenore in stirene 242
5.2.2.2 Resine con soppressori di vapore 244
5.2.2.3 Termoplastici 246
5.2.2.4 Catalizzatori alternativi e resine polimerizzanti con UV 249
5.2.2.5 Compositi a base di poliuretani 251
5.2.2.6 Sostituti dell'acetone 254
6 ASPETTI AMBIENTALI E TECNOLOGIE PIÙ PULITE PER IL SETTORE CALZATURIERO 257
6.1 GLI ASPETTI AMBIENTALI DELL'INDUSTRIA CALZATURIERA 257
6.2 PRESENTAZIONE DELLA TECNOLOGIE PIÙ PULITE PER L'INDUSTRIA CALZATURIERA 262

6.2.1 Prodotti adesivi a base acquosa 263
6.2.1.1 Tipologie specifiche di adesivi all'acqua 280
6.2.2 Prodotti adesivi termofusibili ("hot melt") 282
6.2.3 Adesivi e primer trattabili con radiazioni 287
6.2.4 Prodotti di finissaggio a basso o nullo contenuto di solvente 290
6.2.5 Prodotti per serigrafia su pelle a basso o nullo contenuto di solvente 294

7 TECNOLOGIE DI ABBATTIMENTO 298

7.1 SISTEMI DI ABBATTIMENTO APPLICABILI NEI SETTORI ANALIZZATI 298
7.2 ADSORBIMENTO 299
7.3 ROTOCONCENTRAZIONE 304
7.4 ABSORBIMENTO 308
7.5 BIOFILTRAZIONE 310
7.6 COMBUSTIONE 313
7.7 CONDENSAZIONE 316
7.8 FOTOOSSIDAZIONE 317
7.9 SISTEMI A MEMBRANE 318
7.10 OSSIDAZIONE FOTOCATALITICA 319
7.11 ABBATTIMENTO DELL'OVERSPRAY 320

8 TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA DEI LAVORATORI 324

8.1 IL MARCHIO CE PER CABINE, SISTEMI A SPRUZZO E FORNI DI ESSICCAZIONE 324
8.2 LE ZONE PER L'APPLICAZIONE DEI PRODOTTI 326
8.2.1 Cabine aperte 328
8.2.2 Cabine chiuse 329
8.2.3 Cabine di grande lunghezza 331
8.2.4 Sistemi di essiccazione/indurimento 331
8.3 PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE CABINE, IMPIANTI ASPIRANTI, CAPPE, ETC. 332

9 BIBLIOGRAFIA 335

1 PARTE AMMIN. FORLÌ

2 LA PROSPETTIVA DELLE TECNOLOGIE PIÙ PULITE PER LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DI COMPOSTI ORGANICI VOLATILI

La realtà produttiva della Provincia di Forlì-Cesena è interessata da alcune problematiche ambientali, quali il rilascio in atmosfera di emissioni di solventi e stirene, per le quali si può intraprendere un percorso di miglioramento attraverso l'introduzione di tecnologie più pulite, rispetto a quelle attualmente in uso, che consentano di limitare, se non eliminare, il problema a monte piuttosto che intervenire per potenziare i sistemi di abbattimento.

L'approccio a tecnologie e produzioni più pulite non è ancora un "percorso naturale" da parte delle imprese, soprattutto per quanto riguarda quelle di piccole e medie dimensioni o le imprese artigiane che costituiscono il tessuto connettivo della realtà provinciale. Per il raggiungimento di condizioni di sviluppo che siano ambientalmente, oltre che economicamente, sostenibili risulta fondamentale il coinvolgimento di queste realtà produttive. Tale obiettivo deve essere perseguito realizzando, da parte delle pubbliche amministrazioni, interventi che supportino le imprese in una loro "conversione ecosostenibile", fornendo indirizzi tecnici e dimostrando in concreto i benefici, non solo ambientali, che possono essere raggiunti adottando soluzioni preventive.

L'Amministrazione Provinciale della Provincia di Forlì-Cesena ha già svolto in passato attività per indirizzare le imprese industriali verso l'adozione di tecnologie pulite in grado di garantire valori di emissione molto inferiori rispetto alle richieste dalla normativa in vigore. In tal senso sono stati realizzati, da alcune aziende della Provincia, interventi di ristrutturazione dei propri cicli produttivi per la conversione delle tecnologie verso l'impiego di prodotti a minore o nullo contenuto di solvente.

Si tratta ora di estendere ad ampio raggio le esperienze maturate da alcune aziende e di fornire gli elementi conoscitivi che servono alle imprese per orientarsi verso produzioni a minor impatto ambientale.

Anche le novità sul fronte legislativo, per quanto concerne i limiti di emissioni in atmosfera che saranno aggiornati a breve, spingono le aziende ad un rinnovamento strutturale necessario per rispettare i nuovi limiti, più restrittivi. La risposta delle aziende potrà riguardare potenziamenti degli impianti di abbattimento o adozione di tecnologie pulite che affrontino il problema a monte, attraverso sostituzioni dei prodotti e/o degli impianti utilizzati verso prodotti e/o impianti che non generano emissioni da abbattere.

Il miglioramento raggiungibile sulle emissioni in atmosfera con tecnologie innovative permette anche di migliorare l'ambiente interno di lavoro, garantendo una maggior tutela della salute dei lavoratori.

Le tecnologie pulite rappresentano pertanto uno strumento efficace a disposizione delle imprese produttive e l'Amministrazione Provinciale intende, con la divulgazione della presente rassegna descrittiva delle tecnologie e dei prodotti disponibili sul mercato per la riduzione delle emissioni di COV, sostenere le aziende del proprio

territorio, interessate dalle problematiche connesse con l'utilizzo di prodotti contenenti solventi organici o stirene, in un percorso di miglioramento ambientale.

Attraverso un'indagine conoscitiva preliminare sono stati identificati i settori produttivi di riferimento per le azioni di sostegno alla diffusione delle tecnologie a minior impatto relative alle emissioni di COV di cui la presente rassegna fa parte. I settori individuati sono:

- Lavorazione del legno e produzione di mobili;
- Metalmeccanico;
- Lavorazione vetroresina;
- Calzaturiero.

Per ciascuno di essi sono state presentate, in capitoli dedicati, le specifiche soluzioni offerte dal mercato per le quali si sono approfonditi: gli elementi relativi alla loro applicabilità; i requisiti di tipo tecnico-tecnologico; i risvolti generati in termini di aspetti ambientali, di sicurezza e salubrità dei luoghi di lavoro; gli indicatori da sviluppare per la valutazione delle prestazioni ambientali; gli eventuali casi applicativi; gli aspetti economici ed i fornitori delle tecnologie o dei prodotti trattati.

3 ASPETTI AMBIENTALI E TECNOLOGIE PIÙ PULITE PER IL SETTORE DELLA LAVORAZIONE DEL LEGNO E PRODUZIONE DEI MOBILI

3.1 IL LEGNO: ASPETTI AMBIENTALI DELLA MATERIA PRIMA

Il legno è il materiale ecologico per eccellenza, perché naturale e rinnovabile, ciononostante il suo utilizzo può causare gravi danni ambientali in quanto richiede l'abbattimento di boschi e foreste. Spesso, infatti, la coltivazione delle piante da legno avviene in monocolture che danneggiano l'ecosistema.

Inoltre il legno, trasformato in mobili, infissi, pavimenti ed altri manufatti, è fonte di un inquinamento subdolo e persistente di pericolosi biocidi e di innumerevoli altre sostanze tossiche utilizzate nella lavorazione e nelle finiture.

I legni sono materiali complessi e relativamente eterogenei: alcuni componenti sono comuni a tutti i tipi di legno (cellulosa, emicellulosa e lignina) mentre altri sono specifici per ciascuna di esse (componenti organici polari e non quali acidi grassi, resine acide, cere, alcoli, terpeni, steroli, sterileteri, gliceroli, tannini, flavonoidi, chinoni; componenti organici idrosolubili come carboidrati, alcaloidi e proteine; componenti inorganici, ovvero sali minerali disciolti e particelle minerali). Le specifiche caratteristiche di ogni legno, anche dal punto delle interazioni con la sfera della salute umana, derivano dai particolari componenti costituenti: il potenziale allergogeno di alcuni legni è stato associato alla loro quota proteica o terpenica e vi sono indicazioni, ancora da confermare, che il potenziale cancerogeno possa essere associato alla loro quota tannica.

Il legno ha caratteristiche di leggerezza, è dotato di alte prestazioni statiche e di elevate resistenze al deterioramento e al fuoco. Nel senso delle fibre ha un'altissima resistenza alla trazione e, a parità di spessore, resiste ai carichi in maniera analoga a quella del cemento armato (rispetto al quale però è più elastico); in caso di incendio, lo strato più esterno delle strutture in legno si carbonizza, proteggendo dal fuoco la parte più interna: questo consente alle grosse travi lignee di resistere più dei travetti di ferro.

Un luogo comune vuole il legno meno igienico della ceramica o dei materiali sintetici e, di fatto, su tale concezione, si basano le legislazioni vigenti, che escludono l'utilizzo del legno per i locali pubblici in cui è particolarmente necessaria una rigorosa salvaguardia dell'igiene. Occorre rilevare che la maggiore igienicità dei materiali sintetici e ceramici non è provata scientificamente, recenti ricerche dimostrano, invece, che il legno è un materiale molto igienico dotato di capacità antibatteriche.

Nel caso che non perda le proprietà originarie, a causa di trattamenti denaturanti, il legno è in assoluto il materiale più sano, consigliato nelle abitazioni e luoghi di lavoro per strutture, arredamento, pavimenti, rivestimenti: è elastico, isola dalle correnti indotte, filtra i gas nocivi, non scherma le radiazioni elettromagnetiche naturali, assorbe l'eccesso di umidità per restituirlo quando l'ambiente è secco (un metro cubo di legno può assorbire e poi rilasciare l'umidità corrispondente a 150 lt di acqua). Per tutte queste

ragioni, la qualità dei rivestimenti lignei e dei mobili, se trattati ecologicamente, si può legittimamente definire superiore.

Sarebbe opportuno utilizzare legno massiccio perfettamente stagionato, esente da trattamenti chimici. Purtroppo tali condizioni risultano difficilmente ottenibili in quanto la stagionatura naturale richiede, oltre che lunghi tempi, elevate difficoltà di gestione; di fatto, i semilavorati vengono posti in forni o camere di essiccazione che ne consentono la stagionatura in tempi notevolmente ridotti. Questo processo, lasciando intatta la porosità propria del materiale, può provocare nel caso di uso di legno massiccio per travi, pavimenti, mobili i noti effetti di spaccatura, fessurazione e ritiro dovuti alla tendenza a riassorbire l'umidità dall'aria; ciò è causa spesso di forti contestazioni da parte dell'utilizzatore finale, tanto che, spesso, i produttori preferiscono orientarsi verso lavorazioni più inquinanti, che con costi accettabili, garantiscano, però, una se pur "apparente" qualità finale del prodotto, unitamente ad economie di gestione facilitate. A causa di ciò, il legno sotto forma di manufatti, pur mantenendo le caratteristiche strutturali, raramente possiede ancora tutte le sue preziose proprietà.

I trattamenti preservativi lo impregnano di sostanze nocive e le finiture correnti lo soffocano, limitandone le capacità igroscopiche e filtranti (lacche e vernici sintetiche riducono l'igroscopicità naturale dal 60% al 90%, contro il 9% della cera d'api).

Considerata la crescente sensibilità ambientale, che sta facendo propria la nota affermazione che ambiente ed economia devono procedere di pari passo, diventa sempre più importante indirizzare produttori e lavoratori del settore all'impiego di tecniche ambientalmente sostenibili ed agevolare l'uso di tecnologie che mantengano alto il livello di biocompatibilità del legno.

Il legno si presenta alla produzione per manufatti d'uso sotto forma di pannelli, assi e fogli, per produrre i quali sono necessari vari trattamenti e lavorazioni. Una delle trasformazioni "primarie" del legno, che ne rende adatto l'uso anche in campo edile, è la mineralizzazione.

La **mineralizzazione** è una tecnica recente di "fossilizzazione" artificiale che consente di ricavare dal legno un materiale molto duro, adatto anche per blocchi con cui realizzare murature.

Linfa e resine (contenenti sostanze organiche, deteriorabili e infiammabili) vengono eliminate e la lignina residua viene intrisa di magnesite, che apporta alle fibre una notevole coesione e compattezza strutturale.

Il legno mineralizzato è praticamente quasi incombustibile, è traspirante ed esente da nocività verso gli utenti finali. Anche il processo di lavorazione non comporta particolari rischi. L'irreversibilità però della mineralizzazione e l'incombustibilità del materiale rendono difficile la sua riciclabilità e impossibile il suo utilizzo per il recupero di energia da combustione.

Una forma possibile di recupero è la frantumazione ed il riutilizzo come inerte per il calcestruzzo.

La produzione corrente di mobili utilizza, in alternativa al legno massiccio, **pannelli di prefiniti** (truciolari, tamburati, listellari, compensati, ecc.), formati da una miscela di componenti pressati assieme. Informazioni sui componenti utilizzati dovrebbero essere correttamente rese note, in particolare per quanto riguarda il contenuto di formaldeide (circolare n. 57/1983 del Ministero della Sanità e direttive comunitarie; par.3.2.5)

La produzione di pannelli truciolati consente il recupero di grandi quantità di legni di scarto: i trucioli vengono frantumati, essiccati, incollati e poi pressati a caldo. Occorre osservare che le sostanze nocive contenute nelle colle vengono successivamente rilasciate nell'ambiente: le emissioni nocive prolungate causate da componenti a base di urea rappresentano una tra le principali cause di inquinamento interno e risultano aggravate in ambienti caldi e umidi.

Per questi motivi i mobili realizzati con pannelli legati con resine ureiche (in particolar modo truciolati) andrebbero evitati per cucine e bagni, per stanze in cui si soggiorna a lungo e, in genere, per gli ambienti destinati ai bambini.

È opportuno, prima di affrontare le ricadute sull'ambiente delle lavorazioni proprie del settore in esame, effettuare alcune osservazioni e introdurre indicazioni precauzionali di carattere ambientale proprie della materia prima: il legno.

È necessario evitare l'uso di legni tropicali (quali teak, akatio, iroko, meranti, mogano, obeche), se non vi sono garanzie certe sulla loro provenienza e sul tipo di lavorazioni. Tali legni spesso provengono da foreste primarie: la foresta primaria è un bene di incommensurabile valore, la cui crescita ha richiesto millenni di evoluzione e che una volta distrutto è perso. In questi casi, inoltre, non va trascurato il rischio maggiore di trattamenti antiparassitari necessari nel caso di lunghi trasporti nelle stive delle navi.

È importante accertarsi che i materiali di questo tipo provengano da coltivazioni o da foreste non primarie a gestione sostenibile.

È anche utile chiedere garanzie di stagionatura accurata e naturale e sull'assenza di trattamenti preservativi con sostanze tossiche.

Sui legni di cui non è nota la provenienza è consigliabile verificare il livello di radioattività e, ove possibile, l'eventuale presenza di anticrittogamici, funghicidi, ignifughi di sintesi chimica.

I legni provenienti da foreste europee, quali quelle austriache e finlandesi, danno buone garanzie dal punto di vista della gestione delle foreste, così come i legni di latifoglie temperate provenienti dalle foreste a gestione controllata degli Stati Uniti: in particolare le querce, Red e White Oak e Tulip Wood, gli aceri, Hard e Soft Maple, il ciliegio americano, il frassino, il noce.

Per i minori oneri di trasporto ed i minori rischi di trattamenti preservativi, ove possibile, sono da preferire i legnami italiani ed europei.

Tra i molti legni di produzione italiana si segnalano:

- Per usi strutturali, costruzioni edili e navali: abete, castagno, cipresso, faggio (secondo la lavorazione crudo o evaporato), larice, pino laricio, pino marittimo, pino silvestre;
- Per pavimentazioni, infissi, arredamenti: abete bianco e rosso, castagno, faggio, i vari tipi di rovere, larice, noce, pino silvestre, pino cembro, pioppo, robinia.

Alcuni materiali legnosi contengono **sostanze naturali nocive** che possono danneggiare gli addetti alle lavorazioni e, se impiegati in modo massiccio, possono avere una certa influenza sulla qualità dell'aria interna. In particolare essi possono emettere:

1. sostanze allergizzanti: Ebano (Diosyros), Iroko (Chlorophora Excelsa), Mogano Americano (Switenia Macrophilla), Obeche (Triplochiton Scleroxyclon), Opepe (Nauclea Trillesu), Sequoia (Sequoia Sempervirens)
2. sostanze volatili irritanti per le vie respiratorie: Cuor Verde (Ocotea Rodiaci), Cedro Rosso Americano
3. sostanze volatili irritanti per pelle e mucose: Citrino Indiano (Chloroxilon Swietania), Mansonia (Mansonia Altissima), Marokè (Tieghemella Heckelii), Mogano Africano (Khaya Ivorensis), Palissandro Indiano E Brasiliano (Dalbergia Nigra E Dalbergia Latifolia), Ramino (Gonystylus Bancanus), Satinwood West India (Fagara Flava), Teak (Tectonia Granifs).

Il legno, per motivi di conservazione, subisce **pretrattamenti** a base di erbicidi, funghicidi, insetticidi, pesticidi contenenti **pentaclorofenolo e altri biocidi.**

Benché scarsamente volatile, il pentaclorofenolo appartiene alla categoria dei COV. Si tratta di un biocida universale, caratterizzato da un'alta persistenza nell'ambiente e da scarsa biodegradabilità.

È uno dei biocidi più noti e utilizzati per il trattamento antiparassitario del legno nonchè dei tessuti, impiegato anche dalla industria conciaria, della cellulosa, della carta, delle vernici (come antimuffa).

Ad esso si aggiunge un'ampia gamma di prodotti chimici altamente tossici, largamente impiegati contro microrganismi, funghi, batteri, insetti.

Camuffato nei prodotti compositi ancora oggi può figurare anche il DDT (diclorodifeniltricloroetano), ormai proibito in quasi tutti i paesi del mondo per l'accertata cancerogenicità dei principi tossici che si accumulano nei tessuti adiposi.

Si trovano tracce di tali inquinanti in vari materiali per edilizia e arredamento, in particolare legno per strutture, rivestimenti, pavimenti nonché carte, pellami, pitture, collanti.

Spesso si sommano a tali emissioni nocive, altre derivanti dai trattamenti effettuati durante la lavorazione del prodotto ed i successivi interventi di manutenzione in fase di utilizzo del manufatto.

Gli effetti, nel caso di esposizione, possono essere svariati, sia di tipo cronico, sia acuto: irritazioni e infiammazione di cute e mucose possono degenerare in forme tumorali. In alcuni casi le esalazioni possono procurare tossicità neurologica.

A carattere precauzionale è importante che il produttore di manufatti si informi sui trattamenti subiti dai legnami che intende utilizzare per le diverse lavorazioni. L'utilizzatore deve poter verificare i componenti dei materiali da costruzione e di finitura impiegati e dei prodotti detergenti per la manutenzione.

Olii e cere naturali per la manutenzione degli arredi in legno, nonché detergenti e insetticidi a base vegetale, dovrebbero sempre più entrare nell'uso comune al fine di diminuire tali problematiche.

3.2 ASPETTI AMBIENTALI COLLEGATI ALLE PRINCIPALI LAVORAZIONI DEL LEGNO

Il settore legato alla produzione di mobili imbottiti, infissi, imballaggi e prima lavorazione del legno presenta alcune lavorazioni caratterizzate in modo particolare dall'emissione di Composti Organici Volatili, oltre che da altre tipologie di aspetti ambientali quali la produzione di rifiuti e il consumo di sostanze pericolose. Si tratta delle operazioni di **verniciatura** e **incollaggio**, fasi che richiedono particolare attenzione ambientale.

Un'analisi a parte, per le implicazioni ambientali che comporta non solo nelle fasi di produzione ma anche al momento dell'uso dei manufatti in legno, è dedicata alla **formaldeide**, uno dei COV tradizionalmente più legati al settore del legno.

Risultato altrettanto importanti dal punto di vista dell'impatto sull'ambiente e sull'uomo, sebbene siano scollegate dalla problematica trattata nella presente rassegna relativa alle emissioni di composti volatili, anche le attività di **taglio** da cui si producono emissioni di polveri di legno: la letteratura internazionale da molti anni segnala infatti la cancerogenicità di alcune lavorazioni che producono polveri di legno duro[1], per le quali risulta necessario dotare i lavoratori di adeguati dispositivi di protezione, oltre che opportuna l'installazione di sistemi di captazione e abbattimento delle polveri per evitarne la diffusione all'esterno.

[1] Secondo l'elencazione, comunque non esaustiva, riportata nel volume IARC 62/1995, si classificano come legni duri l'acero, l'olmo, la betulla, il noce, il noce americano o il noce Hickory, il faggio e il faggio bianco, il castagno, il frassino, il platano americano, il pioppo, il ciliegio, il salice, la quercia e il tiglio; sono legni duri tropicali il pino kauri, l'iroko, il pino rosso, il palissandro, il palissandro brasiliano, l'ebano, il mogano africano, la mansonia, la balsa, il nyatoh, l'afrormosia, il meranti, il teak.

3.2.1 Aspetti ambientali collegati alle tipologie di vernici

Nella fase di verniciatura sono raggruppati i maggiori rischi ambientali sia per i solventi presenti nei prodotti vernicianti, sia per la produzione di rifiuti legata alla resa di applicazione del prodotto ed all'esercizio degli impianti di abbattimento. Solitamente, per i componenti che la costituiscono, la vernice si configura come una sostanza pericolosa per l'uomo e l'ambiente.

Di solito la verniciatura si esegue su superfici pretrattate in modo da favorire l'ancoraggio del prodotto verniciante.

Si definisce **prodotto verniciante** una miscela di sostanze diverse, per maggioranza di sintesi, che, applicata su di un supporto, è in grado di formare una pellicola solida, uniforme, finissima, aderente, flessibile, dura, resistente agli agenti corrosivi dotata di resistenza meccanica e chimica, e di caratteristiche tali, per quanto riguarda il colore, l'aspetto ed il tatto da mutare anche le caratteristiche estetiche del manufatto.

Uno dei tanti criteri di classificazione può basarsi sulla resa estetica, che unitamente a precise considerazioni di utilizzo nello specifico settore del legno, distingue i prodotti vernicianti in:

- vernici trasparenti, opache o lucide colorate o neutre, sono prodotti trasparenti che hanno la proprietà di conservare l'aspetto superficiale del supporto sul quale vengono applicati;
- smalti coprenti o semitrasparenti (per lavorazioni a poro aperto), colorati, opachi o lucidi, sono prodotti pigmentati che, per aspetto, levigatezza e distensione della pellicola imitano gli smalti ceramici.

I vari **componenti** che compongono un prodotto verniciante possono sostanzialmente essere raggruppati nelle seguenti classi: leganti, pigmenti (cariche), solventi e diluenti, additivi.

I **leganti**, chiamati comunemente polimeri o resine, sono gli agenti filmogeni che determinano le proprietà principali dei prodotti vernicianti. I leganti sono normalmente di natura organica e si dividono in leganti di origine naturale, come gli olii essiccativi, le resine naturali quali la colofonia e le gomme, e i leganti di origine sintetica. Si possono avere:

- Resine alchidiche
- Resine acriliche
- Resine epossidiche
- Leganti poliuretanici
- Leganti vinilici
- Leganti poliesteri (rappresentano oggi un sistema ampiamente usato nelle vernici in polvere, con discreto successo anche nelle vernici ad alto residuo solido)
- Leganti a base di nitrocellulosa

- Leganti siliconici
- Leganti a base di clorocaucciù
- Leganti fenolici
- Olio di lino o di legno, per vernici ad olio e grasse.

I **pigmenti** sono sostanze coloranti insolubili usate, oltre che per dare colore alla vernice, anche per tingere direttamente il legno prima della verniciatura trasparente. I pigmenti modificano le caratteristiche di resistenza chimica e meccanica dei leganti che sono strettamente legate alla concentrazione in volume dei pigmenti nel film essiccato. I pigmenti vengono normalmente divisi in sostanze di origine naturale o sintetica, inorganiche ed organiche. Gli unici pigmenti di origine naturale utilizzati in quantitativi relativamente importanti appartengono alla famiglia degli ossidi di ferro: le ocre, le terre umbre e di Siena, gli ossidi di ferro rosso e nero. Esistono giacimenti dai quali questi pigmenti vengono estratti, qualche volta arrostiti, lavati e classificati.
La maggior parte dei pigmenti in uso sono di origine sintetica. Quelli di origine inorganica sono in genere dotati di migliori caratteristiche rispetto ai pigmenti organici. Essi non si solubilizzano nei prodotti vernicianti, hanno ottima resistenza alle intemperie, ottima stabilità al calore e impartiscono ai prodotti vernicianti comportamenti reologici accettabili. D'altra parte i pigmenti organici hanno una gamma di tinte praticamente illimitata e permettono la messa a punto di colori particolarmente puliti e brillanti. Un loro svantaggio è il costo particolarmente elevato: può infatti essere superiore da 120 volte quello dei pigmenti inorganici. Calcolando che in genere la quantità di pigmenti organici utilizzati in un prodotto verniciante è superiore a ½ rispetto a quella dei pigmenti inorganici, la colorazione ottenuto con un pigmento organico può costare da 4 a 6 volte quella ottenibile con l'uso di uno inorganico. La scelta di una tinta, quindi, deve tenere conto di tale parametro.
Una sottoclasse dei pigmenti è rappresentata dalle **cariche** (talchi, solfati, carbonati e cloruri di calcio, ossidi di alluminio e di magnesio) che vengono utilizzate per modificare le caratteristiche di resistenza chimico-meccanica delle vernici. Le cariche hanno costi che oscillano da 1/30 a 1/3 rispetto ai pigmenti inorganici e ciò può indurre i produttori ad un uso eccessivo a scapito della qualità finale del prodotto verniciante.
I **solventi** sono necessari per solubilizzare i leganti ed i pigmenti, diluire il prodotto riducendone la viscosità e formare un film omogeneo sul manufatto verniciato.
Un'ulteriore funzione dei solventi è quella di servire per la pulizia degli attrezzi di lavoro. I solventi di lavaggio sono formulati differentemente a seconda che debbano essere impiegati con vernici tradizionali o vernici idrosolubili.

I **diluenti** sono invece miscele di liquidi solventi e non solventi in relazione alle resine contenute in un determinato prodotto, che vengono aggiunti dall'utilizzatore al fine di ridurre la viscosità dei prodotti

vernicianti, ne permettono una facile applicazione e facilitano la formazione di un film omogeneo, attraverso un'evaporazione controllata della frazione volatile contenuta nella vernice.

E' importante che un buon diluente risponda a precise caratteristiche di formulazione, anche per limitare emissioni nocive nell'atmosfera.

Sono utilizzati allo scopo anche diluenti di recupero contenenti solventi provenienti da lavorazioni farmaceutiche e meccaniche, che possono contenere sostanze estranee normalmente non utilizzate dal produttore di vernici; tali sostanze possono danneggiare pompe, guarnizioni e parti metalliche delle apparecchiature di spruzzatura. Questi diluenti rappresentano, comunque, una risorsa importante perché consentono il reimpiego di prodotto di scarto; per garantire un corretto utilizzo (maggiormente indicato per operazioni di lavaggio e manutenzione) è indispensabile che la formulazione e gli ambiti d'uso siano correttamente dichiarati, in modo da evitare problemi di incompatibilità tra sostanze e materiali. Se utilizzati impropriamente possono causare danni irreparabili all'ambiente e alla salute.

Gli **additivi** sono generalmente aggiunti al legante, al solvente, alle cariche e ai pigmenti per migliorare le proprietà delle vernici. Sono usati in quantità raramente eccedente il 5% del totale del prodotto verniciante. Gli additivi, che provengono da una serie innumerevole di classi chimiche, sono radunati in tipologie che rispecchiano la funzione che essi assolvono nei prodotti vernicianti: bagnanti, livellanti, essiccanti, antischiuma, ecc. L'efficacia degli additivi dipende strettamente non solo dalla quantità impiegata, ma anche dalla natura e dalla composizione del prodotto verniciante. Additivi molto efficaci, in bassissima quantità, aggiunti ad un determinato prodotto verniciante possono essere assolutamente inefficaci o addirittura dannosi. Occorre, perciò, considerare gli additivi come armi a doppio taglio: efficacissimi ma di impiego estremamente delicato. Queste considerazioni sugli additivi introducono al problema degli inquinamenti che i prodotti vernicianti subiscono al momento dell'applicazione. Lubrificanti, specie quelli di natura siliconica, olii da taglio, detersivi, polveri di materiale plastico possono, anche in quantità estremamente esigue, determinare problemi durante la verniciatura se entrano in contatto con il prodotto verniciante in quanto possono alterare la qualità del prodotto finito, causando così uno scarto e un conseguente impatto "inutile" su uomo e ambiente.

La caratterizzazione del prodotto verniciante emerge in base ad una serie di valutazioni atte a stabilirne qualità e durata.

Sul prodotto tale e quale, sono determinate: viscosità, peso specifico (a parità di potere coprente il prodotto con minore peso specifico ha una resa maggiore), residuo solido (porzione solida che rimane di una vernice dopo l'evaporazione dei solventi in essa contenuti), potere coprente.

Del prodotto in applicazione, sono valutate: percentuale in diluizione (quantità di diluente occorrente per portare il prodotto alla viscosità di applicazione), tendenza alla colatura (importante nelle applicazioni a spruzzo), misura dello spessore del film umido.

Del prodotto applicato, sono determinanti: misura dello spessore, durezza, imbutitura (indica il grado di elasticità e di resistenza), aderenza (è considerata caratteristica primaria), brillantezza, resistenza al vapore umido saturo e alla nebbia salina (i risultati non sono però sempre correlabili con il reale comportamento all'esterno, nel caso di prodotti idrosolubili, che differiscono dai tradizionali per la particolare struttura del legante, è ormai ampiamente verificato che quest'ultima prova è spesso particolarmente gravosa e ben lontana dal mettere in evidenza la qualità dei prodotti).

Un'attenzione a parte, per le migliori caratteristiche ambientali, meritano le "vernici bioecologiche" i cui componenti principali sono principalmente di origine naturale: olii vegetali (di lino, di legno, di ricino, di scorze di agrumi, di cedro, di conifere), cere (d'api, carnauba), resine naturali (dammar), resine di conifere esterificate, esteri di glicerina e colofonia), gesso, talco, argilla, lecitina di soia, acido silicico, propoli, litoponi, essicativi esenti da piombo (ottoato di cobalto, zirconio e calcio) e infine pigmenti inorganici (biossido di titanio, ossidi di ferro, verde cromossido, giallo di titanio e nichel, blu milori e altri). In alcuni casi anche le vernici cosiddette bioecologiche possono contenere alcuni idrocarburi alifatici, ma molte linee di prodotti sono del tutto esenti da derivati del petrolio. Tali vernici sono traspiranti, antistatiche, solitamente dotate di piacevole profumo; hanno, in ampia misura, meno controindicazioni ecologiche rispetto alle vernici sintetiche, sia per impatto della produzione, sia per nocività, sia in fase di smaltimento (si tratta di rifiuti non pericolosi).

Per quanto riguarda l'applicazione è necessario conoscerne i limiti in termini di stabilità e resa dei colori, nonché tempi di asciugatura; nella dismissione degli avanzi di prodotti vanno comunque osservate le precauzioni di base (legislazione relativa ai rifiuti).

I principali problemi di tipo ambientale legati all'uso di prodotti vernicianti derivano dalla quantità di solventi contenuta nella loro formulazione che, oltre a tradursi in emissioni di COV in atmosfera, influenzano la tipologia di rifiuti emessa dal ciclo di verniciatura del legno (acque da cabine di verniciatura, morchie, contenitori di vernici, residui di diluenti utilizzati per la pulizia delle attrezzature, scarti di legno trattato ecc.).

3.2.2 Analisi dei principali sistemi di applicazione dei prodotti vernicianti relativamente al settore, aspetti legati alle emissioni di COV

Le **tecniche di verniciatura** più in uso possono essere raggruppate nella seguente classificazione:

- ✓ a spruzzo (atomizzazione);

- ✓ a rullo;
- ✓ a pennello;
- ✓ a immersione;
- ✓ elettrodeposizione.

La tecnologia di applicazione a spruzzo di prodotti vernicianti liquidi è senza dubbio la più inquinante fra tutte le tecnologie di verniciatura. In molti casi più del 50% del prodotto spruzzato non raggiunge la superficie da trattare con conseguente aumento dei solventi emessi e dei rifiuti solidi da smaltire.

Le vernici sprecate concorrono, infatti all'emissione di solventi e alla formazione di residui e fanghi da smaltire. I rifiuti prodotti sono prevalentemente non degradabili e capaci di entrare nei cicli biologici con effetti nocivi tossici ed eventualmente cumulativi e pertanto devono essere smaltiti secondo modalità idonee.

I rifiuti derivanti da un ciclo di verniciatura possono essere:

- ✓ coste di vernici, residui polimerizzati non utilizzati e morchie secche;
- ✓ morchie fluide;
- ✓ solventi esausti;
- ✓ acque delle cabine di verniciatura;
- ✓ contenitori vuoti con residui di vernice.

L'elevato contenuto di metalli pesanti, presenti soprattutto nei pigmenti, porta a classificare i vari rifiuti come pericolosi.

Spesso, però, sono le quantità elevate di solventi organici intrappolati o disciolti nella massa, a conferire al rifiuto le caratteristiche di pericolosità.

I sistemi più in uso per lo smaltimento dei cicli di verniciatura sono la discarica controllata e l'incenerimento.

Tra i vari sistemi a spruzzo, quelli a maggior spreco di vernice e conseguente maggior produzione di rifiuti, risultano la verniciatura con sistema pneumatico (convenzionale) e la verniciatura ad aria compressa: la nebulizzazione si realizza in corrente d'aria ad elevata pressione (atomizzazione).

Garantiscono invece una maggiore riduzione degli sprechi le tecniche di verniciatura ad elevato volume e a bassa pressione (sistema HVLP), oltre che i sistemi a rullo, a velo, a pennello e ad immersione. Le pistole elettrostatiche possono essere utilizzate in misura limitata nel settore del legno ed in particolare solo nella verniciatura delle sedie, finestre e torniti; tale sistema non esclude l'utilizzo di prodotti vernicianti idrosolubili.

Il manufatto dopo la verniciatura è generalmente sottoposto ad essiccamento e polimerizzazione dei componenti resinosi contenuti nei prodotti vernicianti con conseguente evaporazione di tutti i solventi organici ancora presenti nella vernice usata.

Le miscele di solventi organici emesse in atmosfera, sia nella fase di verniciatura che in quella di essiccamento, hanno effetti tossici sia come inquinanti primari, sia come inquinanti secondari, prodotti per reazione fotochimica (smog fotochimico).
I solventi che rivestono maggiore importanza per l'inquinamento dell'aria sono quelli più volatili a temperatura ambiente.
Per quanto riguarda lo smog fotochimico i COV (composti organici volatili) e gli NOx (ossidi di azoto) sono i principali responsabili della formazione, sotto l'influenza della luce, degli ossidanti fotochimici tra i quali il più noto è l'ozono (O_3).

3.2.3 Aspetti ambientali collegati ai principali tipi di adesivi

Insieme alle vernici, gli adesivi di varia natura costituiscono una delle fonti più preoccupanti di inquinamento (ambientale ma anche interno). La colla è causa fondamentale di tossicità dei prodotti di finitura e di arredo (oltre alla produzione di mobili durante la quale si usano adesivi per l'assemblaggio dei componenti, si considera la posa di pavimenti vinilici, piastrelle e tappezzerie), nonché dei materiali edili utilizzati per adesione (malte adesive e colle cementizie), in conseguenza del suo contenuto di solventi.
Poiché l'entità dell'interazione con l'ambiente aumenta con l'aumentare delle superfici trattate, la scelta del tipo di collante assume una grande importanza soprattutto se si considerano grandi superfici. Per quanto attiene alla generazione di emissioni di COV in aria, si deve considerare che da un consumo pari a 400 g/m^2 di un collante con contenuto di solventi volatili del 5% si ottiene il rilascio di 20 g di solvente puro ogni m^2 trattato, per cui da una superficie di 5000 m^2 evaporano 100 kg di COV. Qualora il collante contenesse solventi in quantità del 50% (esistono tali prodotti), a parità di superficie di pavimentazione, facilmente raggiungibile in un edificio, durante i lavori di posa sarebbe rilasciata in atmosfera un'intera tonnellata di composti organici volatili.

Sono svariate le sostanze che, aderendo saldamente alla superficie di due materiali, o di due parti dello stesso materiale, sono capaci di riunirli tenacemente, ovvero che possono svolgere funzioni di adesivo; in particolare si hanno sia adesivi di origine artificiale (a base di resine sintetiche) sia prodotti naturali.
Molti sono gli adesivi sintetici usati oggi nella lavorazione del legno. Si presentano sotto forma di soluzioni, di emulsioni, di geli più o meno teneri o anche di solidi capaci di fluidificare sotto l'azione del calore. Nella gran

parte dei casi l'adesivo per divenire efficace deve trasformarsi in un sottile strato gelificato, più o meno duro, capace non solo di aderire ai materiali da unire, ma dotato anche di notevole coesione. Solventi organici (in genere idrocarburi, idrocarburi clorurati, chetoni, nitroparaffine, esteri) o acqua sono i mezzi usati per solubilizzare gli adesivi e consentirne l'applicazione.

Alcuni prodotti, che a temperatura ambiente si presentano sotto forma di solidi senza caratteristiche adesive, sono in grado di sviluppare a caldo una notevole capacità legante. Appartengono a questa classe le cere, gli esteri cellulosici (nitrato, acetato), gli esteri e gli acetati polivinilici, la gomma, i materiali bituminosi. Essi si usano principalmente per laminati e compensati e per la loro applicazione si impiegano presse a piatti riscaldati o calandre a cilindri caldi.

Si hanno inoltre adesivi, i quali sviluppano la loro azione legante solo se subiscono una trasformazione chimica. Appartengono a questa classe, tra gli altri, le resine ureiche e fenoliche usate in particolar modo per compensati. La trasformazione chimica deve avvenire dopo che l'adesivo è stato applicato, e di solito il calore serve per favorire le reazioni di condensazione.

Con il termine di colle si intendono propriamente prodotti di origine animale ottenuti concentrando le soluzioni di proteine derivate dal collagene (costituente proteico del tessuto connettivo delle ossa, delle pelli, delle cartilagini dei vertebrati) mediante bollitura: prima della bollitura si elimina dalle ossa il fosfato di calcio e quindi dalle soluzioni acquose essiccate si ricava poi uno strato adesivo resistente. Colle liquide si ottengono dal collagene di pesce oppure trattando convenientemente le colle animali per impedirne la gelificazione. Oltre alle colle derivate dal collagene, che si ottengono dai cascami delle industrie alimentari, della concia o si hanno colle di origine vegetale, come la colla di farina.

L'impiego delle colle nella produzione di manufatti in legno risale alla remota antichità: sculture e sarcofagi d'Egitto recano infatti tracce e indicazioni di incollaggi a caldo per le impiallacciature. Sono colle da legno i seguenti prodotti:

- la colla forte, o da falegname, disponibile in lastre rettangolari giallo-brune traslucide che si fanno rigonfiare in acqua fredda e poi si sciolgono col calore per impieghi a caldo;
- la colla alla soia;
- la colla alla caseina;
- la colla al silicato;
- la colla di coniglio (o di pelle) disponibile in lamine grandi e sottili, giallo chiaro trasparenti, usate in prevalentemente in ebanisteria.

Altri adesivi di origine naturale utilizzati per il legno sono a base di amido, destrina, gelatina, gomma (arabica, adragante), silicato sodico, alcole polivinilico, metil-cellulosa, glicolato di sodio o cellulosa.

Più in dettaglio, l'elenco delle sostanze adesive maggiormente usate nel settore del legno è costituito dalle seguenti tipologie di prodotti:

- **Colle in solvente.** Sono a base di polimeri sintetici (quali SBS e SBR, elastomeri, policloroprenici, resine poliuretaniche) sciolti in solventi organici, solitamente toluene, xilene e altri idrocarburi aromatici e/o clorurati. L'incollaggio avviene per processo chimico, per reticolazione dei polimeri a seguito dell'evaporazione dei solventi. I prodotti a solvente sono generalmente molto tossici e/o cancerogeni, in conseguenza delle caratteristiche dei solventi presenti nella loro formulazione. I residui delle colle a solvente devono essere trattati come rifiuti pericolosi.
- **Colle termoindurenti.** Si tratta di colle a base di formaldeide condensata con urea, melammina, resorcina e fenolo. L'incollaggio è di tipo chimico, avviene per pressatura a caldo (a 100/180°C), durante la quale si produce un processo di polimerizzazione tra la lignina (principale costituente del legno) e le resine che costituiscono l'adesivo. Queste colle sono molto reattive e provocano rilasci di formaldeide e altri COV nell'ambiente, soprattutto in situazioni di innalzamento di temperatura o di condizioni di l'umidità (situazioni che si determinano frequentemente negli ambienti di vita in occasione dell'accensione dei riscaldamenti, della presenza di persone nelle stanze, delle attività di cucina e di igiene). Le colle termoindurenti sono economiche e sono principalmente utilizzate per l'incollaggio del legno anche per impieghi strutturali. La produzione di arredi di tipo molto economico utilizza di norma colle ureiche perché sono ad incollaggio immediato e consentono pertanto elevati valori di produttività.
- **Colle reattive a due componenti.** Sono le colle comunemente chiamate "bicomponenti", in quanto si presentano sotto forma di due prodotti separati che al momento dell'utilizzo vengono miscelati: l'effetto adesivo è ottenuto per reazione chimica fra i due componenti. Di norma contengono resine epossidiche, polioli ed isocianati che possono determinare emissioni molto nocive se il loro utilizzo non avviene in modo controllato. Poiché sono formate da componenti a basso peso molecolare, si trovano allo stato liquido anche in assenza di solventi e pertanto sono prodotti esenti da COV. L'aggiunta di solvente anche in minima quantità è sconsigliata; è ammessa solo quando l'applicazione richiede valori di viscosità del prodotto molto bassi. È esclusa la diluizione con acqua. Molto recentemente sono state introdotte colle bicomponenti di nuova formulazione a base minerale, esenti da solventi e da sostanze

nocive. I prodotti adesivi a due componenti sono molto utilizzati per la posa di pavimenti di legno o vinilici.

- **Adesivi policloroprenici.** Si tratta di prodotti di grande potere adesivo caratterizzati da un basso grado di odore e tossicità, un'elevata resa, un'ottima spalmabilità, nonché resistenza alle alte temperature e alle sollecitazioni meccaniche. Sono impiegati per l'incollaggio di laminati plastici su legno, truciolati e compensati. Possono essere sia a base solvente, sia in dispersione acquosa.
- **Colle elastiche termofondenti**. Contengono copolimeri solidi e cariche minerali. L'incollaggio è di tipo fisico e avviene per fusione a caldo del collante. Essendo sensibili al calore tendono a rammollirsi con l'elevarsi della temperatura, con conseguenti effetti di deterioramento degli incollaggi. Sono privi di solventi e non danno quindi luogo ad emissioni di COV né a rifiuti pericolosi. Questo tipo di adesivi trova ad oggi un impiego significativo nell'assemblaggio di manufatti in legno e per arredamento.
- **Colle elastiche in dispersione acquosa.** Comprendono sia le colle viniliche, sia le acriliche, sia quelle a base di gomme sintetiche. Contengono omopolimeri e copolimeri sottoforma di colloidi in dispersione acquosa. L'incollaggio è di tipo fisico e avviene per pressaggio a freddo. Gli elementi di nocività sono legati all'aggiunta, nella formulazione, di additivi ed altri componenti pericolosi attraverso cui si vanno a migliorare le proprietà del prodotto, quali derivati della formaldeide, melanina, urea, polisocianati. Questo tipo di adesivi è usato per incollaggio di parquet di piccola e media grandezza, assemblaggi di legni vari in arredamento, in presenza di scarso grado di umidità.
- **Adesivi ad emulsione poliacetovinilica.** Sono prodotti in lattice sintetico a base acqua, a media plastificazione, caratterizzati da rapida essiccazione, trasparenza e buona resistenza all'umidità. Sono particolarmente indicati per assemblaggio di legni vari, spine di legno, mobili, stucchi e turapori, nonché come leganti per le pitture all'acqua. Risultano idonei per incollaggi di qualsiasi tipo di legno e sono particolarmente indicati per legni duri e resinosi, costruzioni in legno per esterni, manufatti in legno per zone umide. Sta crescendo il loro utilizzo per lastre laminate e impiallicciatura. Il monomero di acetato vinilico è un inquinante volatile nocivo; la bassa quantità presente nell'adesivo, meno dello 0,4%, produce emissioni comunque scarse. Gli aspetti ambientali, pertanto, che caratterizzano tali prodotti sono riconducibili a quelli che contraddistinguono i collanti a base acqua.
- **Colle naturali e colle naturali biologiche.** Sono formulate sulla base delle ricette delle colle utilizzate prima dell'avvento degli adesivi sintetici, oppure sulla base di nuove formulazioni naturali esenti da derivati dell'industria petrolchimica. Sono rappresentate dalle colle alla caseina, dalle colle di pesce (attualmente poco utilizzate), oppure dalle colle cellulosiche e di glutine, reintrodotte per diversi usi,

come ad esempio per la posa della carta da parati. Non presentano particolari controindicazioni, non contengono componenti tossici, ma possono contenere additivi antimuffa (i quali possono essere anche biocidi potenti) usati per evitare effetti di degrado in ambienti umidi. Esistono poi nuovi collanti a base naturale di diverse composizioni, adatti alla posa di carte da parati, pavimenti in legno e ceramici, classificate come "biologiche" in quanto prive di additivi antimuffa di tipo sintetico e aggressivo. In particolare segnaliamo:

- collanti a base di lattice naturale, adatti per fissaggio leggero di pavimenti tessili o sughero;
- collanti a base di leganti di origine vegetale in diluizione per la posa di sughero, linoleum, parquet, moquette, carta da parati;
- sigillanti a base di resine naturali e polvere di sughero, sostitutivi dei sigillanti poliuretanici, per il riempimento di fessure fra legno (per esempio infissi o pavimenti) e muratura;
- collante rapido alla caseina per legno, asciuga in dieci minuti per pressatura a caldo;
- collanti biologici tradizionali a base di glutine, caseina, colla di pesce.

Dal punto di vista precauzionale ed ambientale è importante verificare eventuali sensibilità individuali verso i componenti che costituiscono la colla, verificare le specifiche indicazioni di impiego e scegliere i prodotti adatti ai particolari materiali (per esempio le colle adatte per la posa rivestimenti ceramici possono essere controindicate per il legno e viceversa), nonché l'effettiva resa ed affidabilità per i diversi utilizzi. È necessario in ogni caso osservare opportune precauzioni nella dismissione di avanzi di prodotto.

3.2.4 Analisi degli aspetti ambientali relativi ai principali sistemi di applicazione degli adesivi

Le principali tecniche di applicazione dei collanti sono:

- a rullo, a pennello o a spatola;
- a velo;
- a spruzzo (sistemi airmix o airless);
- ad estrusione di schiuma.

Le tecniche di maggiore utilizzo, nel settore arredi, sono quelle che si avvalgono di sistemi a rullo, a pennello e a spatole che consentono la massima resa del prodotto, ovvero un minor consumo di colla e una minor produzione di rifiuto a parità di superficie trattata. Poiché queste tecniche non comportano un'atomizzazione dell'adesivo (come invece fanno i sistemi a spruzzo) la volatilizzazione, in fase di applicazione, dei solventi eventualmente contenuti nel prodotto è ridotta. I sistemi manuali comportano però una maggiore esposizione

degli operatori ai vapori rilasciati poiché la distanza tra il manufatto trattato e l'operatore stesso è ravvicinata; in caso di impiego di prodotti con componenti volatili è pertanto importante dotare la stazione di lavoro con idonei sistemi di aspirazione.

I sistemi di applicazione a spruzzo sono del tutto analoghi a quelli impiegati per l'applicazione delle vernici, così come i sistemi di abbattimento utilizzati. Gli aspetti ambientali principali legati alle tecniche a spruzzo sono costituiti dalla produzione di overspray (che si traduce in un maggior consumo di prodotto), lo sviluppo di vapori di COV in conseguenza dell'atomizzazione dei prodotti che presentano componenti volatili e la generazione di rifiuti (liquidi o solidi) derivanti dall'abbattimento dell'overspray e/o dei vapori.

3.2.5 Aspetti ambientali collegati alla formaldeide

Utilizzi

La formaldeide è un derivato dell'acido formico, incolore e dall'odore acre, molto solubile in acqua, reattiva in molte sintesi, che trova largo impiego nella fabbricazione di resine sintetiche, colle, solventi, conservanti e altri prodotti. È presente in numerosi materiali da costruzione, per finiture, per arredamento (pannelli di legno compositi, truciolati, carte, tessuti sintetici, moquette, rivestimenti plastici, isolanti, schiume poliuretaniche e altri). Si trova inoltre in prodotti per la manutenzione della casa e per il bricolage.

Per ciò che riguarda specificatamente il settore legno, la formaldeide trova applicazione nelle resine ureiche che sono impiegate per la preparazione di vernici ureiche, di adesivi e di carte impregnate per la nobilitazione. L'utilizzo principale di queste resine si ha, comunque, nella produzione di pannelli: particelle, MDF, compensati e altri materiali utilizzati per la costruzione di pannelli sono trattati quasi esclusivamente con questo adesivo termoindurente.

L'elevata affinità per il legno, unita all'indurimento indotto da catalizzatori acidi e dal calore, porta alla costituzione di reticoli tridimensionali di resina che rappresentano una struttura legante molto efficace. Il successo dell'impiego delle resine ureiche nella produzione di pannelli è legato ai seguenti aspetti:

- costo relativamente basso;
- prestazioni adeguate all'utilizzo del prodotto;
- facilità di impiego.

Questi aspetti positivi che hanno decretato il largo impiego dei prodotti a base di formaldeide sono però contrastati dalle problematiche legate alle emissioni di formaldeide con le quali il settore del legno è chiamato da vari anni a doversi confrontare.

Effetti ambientali e di salute

Per effetto di fenomeni chimici di idrolisi la formaldeide viene, infatti, continuamente liberata dalla stessa resina ureica di cui è costituito il pannello e quindi emessa in ambiente. In considerazione del numero di pannelli che costituiscono i mobili, le quantità di formaldeide liberate, o liberabili, negli ambienti di vita possono essere in alcuni casi superiori ai limiti consentiti.

La formaldeide agisce in modo subdolo, si libera rapidamente nell'aria, all'inizio, poi molto lentamente e a lungo, ha un tempo di dimezzamento addirittura di sei anni, il tasso di emissione aumenta con il calore e l'umidità. Il gas è irritante per le mucose e potenzialmente cancerogeno. Gli effetti acuti sono irritazioni, infiammazioni, in particolare delle vie respiratorie e delle mucose, disturbi della vista, nausee, eczemi. L'assorbimento prolungato può dare effetti genotossici e forme tumorali.

Per tali ragioni diventa particolarmente importante garantire una periodica ventilazione, con conseguente ricambio d'aria, negli ambienti abitativi e di vita in cui i manufatti soggetti a rilascio di formaldeide sono utilizzati.

Limiti

Per ciò che riguarda i limiti di esposizione alla formaldeide in ambienti di lavoro, si fa generalmente riferimento a quelli previsti dalla associazione americana degli igienisti industriali (ACGIH). I limiti di concentrazione ambientale hanno un valore ceiling (valore massimo non superabile) di 0,3 ppm.

Per quanto riguarda l'aria di ambienti abitativi, la maggior parte degli stati europei prevede un limite massimo pari a 0,1 ppm.

L'attenzione al problema delle emissioni di formaldeide è stata posta inizialmente in Germania dove, fin dagli anni '80 si è operata una distinzione tra i pannelli in legno in base alle emissioni di formaldeide rilasciate ed è stato successivamente emanato un decreto per i materiali pericolosi[2] secondo il quale "*i materiali in legno (pannelli di masonite, pannelli di masonite a strati, paniforti, pannelli di legno compensato e pannelli di fibra) non possono essere messi in circolazione se la concentrazione di equilibrio* (di formaldeide) *che essi provocano nell'aria supera il valore di 0,1 ppm*"; il decreto stabilisce inoltre che "*i mobili realizzati con materiali legnosi non rispondenti ai requisiti menzionati non possono essere messi in circolazione*".

In Italia l'unico documento normativo che tratta l'argomento della formaldeide è la circolare n. 57 del Ministero della Sanità pubblicata nel 1983 "Usi della formaldeide - rischi connessi alle possibili modalità di impiego", in

[2] Decreto pubblicato il 26 agosto 1986 nella Gazzetta Ufficiale Federale Parte I.

cui si sancisce l'opportunità di una riduzione dell'esposizione dell'uomo alla formaldeide in conseguenza delle caratteristiche di cancerogenicità, oltre che per le note proprietà irritanti ed allergeniche, della sostanza stessa. In particolare la circolare (capitolo III – Misure cautelative) indica che per la manifattura di compensati, pannelli truciolati e conglomerati in sughero in cui la formaldeide è impiegata come legante è opportuno procedere con l'adozione di idonei accorgimenti (quali l'impiego di materiali che limitano al massimo possibile il rilascio di formaldeide libera, l'effettuazione dello stoccaggio dei manufatti secondo un congruo periodo e adeguate modalità, la realizzazione di un adeguato trattamento protettivo degli stessi prima della loro messa in opera) finalizzati a ridurre le problematiche delle emissioni di formaldeide. Il limite massimo di riferimento valido in Italia è pari a 0,1 ppm di formaldeide negli ambienti di vita e di soggiorno nei quali siano stati utilizzati materiali in compensato, truciolato e conglomerato.

A livello europeo il CEN, organismo che si occupa dell'emanazione di norme comuni per tutti i Paesi appartenenti alla comunità europea, ha sviluppato norme di riferimento sui pannelli, suddivisi per tipo di pannello. Sono stati trattati sia metodi di prova per l'analisi della emissione della formaldeide che la classificazione dei pannelli in base al loro rilascio di formaldeide (norme EN312-1 per i pannelli di particelle, la EN622-1 per i pannelli di fibre e la EN1084 per i compensati).

Si deve ricordare che le norme elaborate dal CEN sono di carattere volontario e quindi pur essendo valide in tutti i paesi della UE, non sono obbligatorie a meno che non vengano recepite da direttive comunitarie.

Sistemi di monitoraggio del rilascio di formaldeide

Il criterio base della definizione dei metodi analitici e dei relativi limiti è la considerazione che i pannelli non sono materiali omogenei. L'emissione di formaldeide può essere discretamente variabile già all'interno di un determinato pannello e lo è, pertanto, ancor più considerando un lotto o un'intera produzione. Queste considerazioni hanno portato alla messa a punto di due possibili strade per valutare l'emissione di formaldeide da pannelli:

- analisi condotta su campioni di dimensioni molto ampie (simulazione il più possibile vicina alle condizioni reali);
- effettuazione di un numero elevato di analisi su campioni di dimensioni ridotte con successiva trattazione statistica dei dati.

Il metodo di prova elaborato in Germania, considerato come il metodo ufficiale di riferimento, è il cosiddetto metodo della "camera". In un ambiente di prova di dimensioni molte ampie (volume maggiore di 12 m^3), vengono simulate le condizioni climatiche e di carico di pannelli mediamente riscontrate in abitazione. La

concentrazione di equilibrio di formaldeide misurata, per l'accettabilità del prodotto, deve essere inferiore a 0,1 ppm (limite per gli ambienti abitati).

La certificazione del prodotto

Il marchio CQA-formaldeide E1 contraddistingue le produzioni di pannelli a bassa emissione di formaldeide rispondenti ai requisiti imposti dalle normative internazionali in materia. Il successo di questo sistema di certificazione è dato soprattutto dal fatto che l'osservanza delle procedure previste consente alle aziende certificate di conoscere costantemente i parametri di emissione di formaldeide relativi alla propria produzione.

3.2.6 Effetto dei solventi sull'uomo

I solventi presenti nei prodotti vernicianti e negli adesivi, rilasciati nell'ambiente di lavoro e nell'atmosfera esterna durante l'uso e l'asciugatura delle superfici trattate, possono essere composti alifatici, ciclici ed aromatici; ogni tipologia è caratterizzata da una propria tossicità per l'uomo.

Per quanto riguarda la classe degli *alifatici* la tossicità è minima per i composti gassosi e liquidi. Contatti diretti e prolungati con la pelle possono provocare dermatiti chimiche in quanto i composti alifatici sono buoni solventi dei grassi.

Per quanto riguarda la classe dei solventi *ciclici* non sono stati registrati effetti sull'uomo per concentrazioni inferiori a 500 ppm. È stata invece riscontrata una relazione fra idrocarburi policiclici, quali il benzopirene, e incidenza del cancro al polmone. Inalazioni ad alte concentrazioni in cavie animali e nell'uomo possono provocare eccitamento, perdita di equilibrio, stupore e coma, raramente con esiti mortali immediati.

Per quanto riguarda gli *aromatici* a causa della loro capacità disidratante e sgrassante sono irritanti primari della pelle e assorbiti rapidamente attraverso la cute. Possono provocare, a seguito di contatti ripetuti e prolungati, dermatiti e, come effetto acuto, un cambio di permeabilità delle cellule endoteliali. L'inspirazione di aerosol può essere causa di edema polmonare grave, polmoniti ed emorragie. Il benzene ha la tossicità acuta più elevata di ognuno dei benzeni derivati, solo toluene e vinilbenzene mantengono gli stessi livelli di tossicità. Il benzene è un solvente aromatico a cancerogenicità riconosciuta per il quale sono stati fissati specifici limiti di concentrazione da non superare negli ambienti di lavoro.

Tabella 1. Principali solventi organici utilizzati

Tipologia	Principali solventi
Alifatici	n-esano
Ciclici	Cicloesano
Aromatici	Xilene, Benzene, Toluene

3.2.7 Effetti degli ossidanti fotochimici

a) sulle piante

Il danno alla vegetazione è stato uno dei primi effetti osservati dell'inquinamento fotochimico dell'aria.

Inizialmente era stato individuato l'ozono come causa principale, attualmente si sta rilevando anche l'importanza dell'inquinamento causato dai composti della famiglia dei PAN (perossiacetilnitrati) che provocano sulla superficie inferiore delle foglie, specie in quelle più giovani, una colorazione traslucida e bronzea ed, in alcuni casi, il tessuto delle foglie muore. L'esposizione per poche ore a concentrazioni di PAN da 0,02 a 0,05 ppm è sufficiente a provocare danni alla vegetazione; è stato dimostrato che tale composto è specialmente tossico per agrumi, foraggi, piante da insalata e conifere.

b) sull'uomo

Gli ossidanti fotochimici, poiché vengono inalati con l'aria che si respira, interferiscono con i normali processi respiratori; causano inoltre una certa irritazione degli occhi. Non sono stati registrati effetti certi e diretti, provocati dalla concentrazione di PAN sull'uomo.

3.3 PRESENTAZIONE DELLA RASSEGNA DI TECNOLOGIE PIÙ PULITE APPLICABILI AL SETTORE

La riduzione dell'inquinamento derivante dalla **verniciatura** può essere perseguita non solo intervenendo dopo che l'inquinante è stato prodotto (abbattimento dei solventi), ma anche a monte cambiando:

- la formulazione del prodotto verniciante e/o
- il sistema di applicazione della stessa.

Prodotti, utilizzabili nel settore legno, a basso impatto ambientale sono:

- vernici idrosolubili;
- vernici poliuretaniche bicomponenti all'acqua;
- vernici poliuretaniche ad alto solido;
- vernici polimerizzanti con radiazioni UV.

Per ridurre l'inquinamento derivante dai vari sistemi di **incollaggio** su diversi supporti è possibile intervenire a valle con i sistemi di abbattimento o a monte cambiando la formulazione dell'adesivo. Allo scopo di limitare gli impatti ambientali legati alle fasi di incollaggio sono utilizzabili nel settore legno i seguenti prodotti:

- adesivi monocomponenti a base poliuretanica;
- adesivi policloroprenici;
- adesivi ad emulsione poliacetovinilica;
- adesivi bicomponenti a basso potere irritante.

Per quanto riguarda lo specifico problema delle emissioni di **formaldeide**, tematica ormai conosciuta dalla totalità dei produttori italiani sia di pannelli sia di mobili in conseguenza dell'attenzione posta in molti Paesi verso i quali sono esportati i prodotti italiani, gli ambiti di miglioramento ambientale riguardano i prodotti impiegati.

I livelli di rilascio di formaldeide dai pannelli prodotti si sono ridotti nel corso degli anni grazie alle modifiche apportate sia alle caratteristiche dell'adesivo usato (rapporto molare formaldeide/urea, formaldeide libera, utilizzo di melammina, aggiunta di "captatori") che ai processi di lavorazione (riduzione delle quantità, aumento delle temperature e dei tempi di pressa). Recentemente vengono prodotti pannelli (di particelle e MDF) che impiegano adesivi di natura diversa, a base di isocianati che sono considerati quasi esenti da emissioni di formaldeide. L'impiego di adesivi ureici per la realizzazione di pannelli è comunque ancora predominante.

3.3.1 Vernici idrosolubili

La tradizionale verniciatura a solventi può essere convenientemente sostituita dalle vernici idrosolubili.

I prodotti vernicianti all'acqua sfruttano le capacità solventi dell'acqua, in grado di sostituire quasi completamente il solvente organico, includendo nella formulazione solo un solvente organico idrosolubile, quale cosolvente, in concentrazione mai superiore al 10%.

In generale esistono tre tipi di vernici all'acqua:

- ✓ soluzioni vere e proprie;
- ✓ soluzioni colloidali;
- ✓ dispersioni.

La natura della resina in questi prodotti può essere acrilica, poliuretanica, e alchilica.

Campo di applicazione

La versatilità dei prodotti all'acqua ha permesso ai vari produttori di vernice di poter formulare fondi, finiture trasparenti e pigmentate, monocomponenti, bicomponenti e ad essiccazione UV, con caratteristiche del tutto simili ai tradizionali prodotti a solvente, sia come caratteristiche tecniche che applicative.

I prodotti all'acqua possono essere applicati in tutti i settori; la tecnologia è consolidata nella verniciatura di manufatti per esterno.

Il risultato finale della verniciatura con prodotti all'acqua può variare a seconda del tipo di legno sottoposto al trattamento.

I legni più adatti al trattamento all'acqua sono il pino, l'abete, il douglas, l'hemlock, lo yellowpine, il mogano.

L'unico inconveniente derivante dalla verniciatura di legni di conifera è legato alla fuoriuscita di resina naturale sotto forma di goccioline quando il manufatto è già stato verniciato ed eventualmente montato. L'abete ed il pino potrebbero presentare un rigonfiamento della vena tenera in seguito al trattamento con prodotti all'acqua; questo fenomeno può essere minimizzato durante la lavorazione del pezzo, carteggiando lungo la vena con una carta spaziata (grana 220), in modo da ottenere una superficie liscia ed omogenea.

I legni meno adatti a questo tipo di trattamento sono quelli contenenti alte percentuali di tannino (come il rovere, il castagno, l'iroko ed altri legni africani di colore scuro). In questi casi il tannino poterebbe essere solubilizzato dall'acqua contenuta nell'impregnante e causare macchie di diverso colore; il problema può essere risolto attraverso l'impiego di un isolante specifico.

Il legno destinato ad installazioni esterne deve possedere alcune caratteristiche, necessarie per difenderlo dalla degradazione ad opera di agenti atmosferici e biologici.

L'applicazione della vernice è finalizzata a questo scopo, oltrechè conferire al pezzo un miglior aspetto estetico; in particolare, l'applicazione di prodotti all'acqua consente di ottenere una serie di risultati:

- Alcune resine acriliche in dispersione acquosa hanno dimostrato di possedere una resistenza agli agenti atmosferici da due a tre volte superiore rispetto alle resine alchiliche a solvente e alle poliuretaniche;
- I prodotti all'acqua hanno una durata superiore rispetto ai prodotti al solvente (in termini di marcamento, invecchiamento accelerato, attacco di funghi);
- La resistenza alla rigabilità e al blocking sono superiori rispetto ai prodotti tradizionali a solvente.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

L'applicazione di prodotti all'acqua richiede:

- una migliore preparazione del supporto mediante carteggiatura (finalizzata a limitare il rigonfiamento della fibra legnosa dovuta alla natura igroscopica del legno, che comporta il sollevamento del pelo del legno);
- parametri diversi di lavorazione in termini di temperatura (non deve scendere sotto i 15°C) ed umidità (non deve mai essere superiore al 60%) in modo da garantire un corretto procedimento di essiccazione ed una buona qualità del prodotto (se il clima è secco e caldo i prodotti all'acqua asciugano anche più velocemente dei prodotti a solvente).

L'accatastamento dei pezzi verniciati deve essere necessariamente preceduto dal loro raffreddamento, per evitare un eventuale incollaggio; inoltre, durante i primi giorni seguenti all'applicazione del prodotto verniciante, i manufatti non devono venire a contatto con l'acqua onde evitare la formazione di vescichette biancastre.

Il trasporto e lo stoccaggio dei prodotti all'acqua devono essere effettuati ad una temperatura non inferiore ai 5° C, al fine di evitarne il deterioramento.

Le vernici idrosolubili vanno utilizzate in tempi abbastanza rapidi in quanto, una volta che entrano in contatto con l'aria, possono imputridire a causa dell'attacco di batteri, lieviti e funghi.

I prodotti all'acqua possono essere applicati, nella maggioranza dei casi, con le normali attrezzature impiegate per le tradizionali tipologie di prodotto. Le applicazioni con macchine velatrici richiedono invece una sostituzione delle pompe ad ingranaggi che possono dare fenomeni di grippaggio a causa del maggior attrito delle vernici all'acqua rispetto alle vernici a solvente; le pompe a membrana consentono di superare tale problema.

Per l'impiego dei prodotti all'acqua sono possibili due differenti cicli di verniciatura: il ciclo industriale e il ciclo artigianale.

Il ciclo industriale consiste in una prima fase di impregnazione ad immersione o a flow coating con un consumo medio di circa 50-60 g/mq di prodotto verniciante. L'impregnante essicca in circa 2 o 3 ore in ambienti con buona circolazione d'aria consentendo all'acqua di evaporare. Si esegue quindi una leggera spazzolatura dei manufatti impregnati per togliere il pelo del legno (questa operazione può essere eliminata con una perfetta preparazione del legno prima dell'impregnazione).

A questo punto la finitura può essere applicata con:

- sistema a spruzzo airless;
- sistemi a spruzzo airmix;
- sistemi elettrostatici con coppe rotanti.

Le quantità di vernice applicate variano dai 200 ai 250 g/mq.

L'ultima operazione riguarda l'essiccazione della finitura in tunnel a 35-40° C con ottima circolazione d'aria per un tempo di circa 3 ore in modo da ottenere pezzi che possono essere accatastati a libro.

Il ciclo artigianale si compone sempre di una prima fase di impregnazione ad immersione o flow-coating seguita, dopo l'essiccazione, da una mano di fondo trasparente che permette di avere un film seracco dallo spessore consistente e quindi di poter carteggiare con maggior tranquillità, senza correre il rischio che si verifichino spellaturae e garantendo un elevato grado di finitura.

E' opportuno considerare alcuni aspetti riguardanti l'impiantistica in generale.

Le parti degli impianti a contatto con la vernice, e quindi con l'acqua, in ambiente alcalino devono essere in acciaio inossidabile, in particolar modo le vasche per l'immersione dove la vernice rimane per lunghi periodi.

Il prodotto verniciante nella vasca, per avere la massima omogeneità e quindi una produzione uniforme, deve essere in costante ricircolo. L'impianto di ricircolo, anch'esso in acciaio inossidabile, lavora con una pompa a membrana che permette di far circolare il prodotto senza compromettere la stabilità dell'emulsione acquosa (a differenza di altri tipi di pompe, come quelle ad ingranaggi),. Nel ricircolo è effettuata la filtrazione del prodotto dalle impurità con particelle o polvere di legno che derivano dall'immersione di parti di legno lavorato: questi corpi estranei vanno rimossi in quanto possono portare, in ambiente acquoso, alla formazione di inquinanti biologici e produrre marcescenze.

Relativamente al prodotto verniciante contenuto nella vasca è opportuno verificarne periodicamente:

- il residuo secco (da cui dipende il risultato di impregnazione);
- il pH (è necessario mantenere un certo tenore di alcalinità per la stabilità dell'emulsione);
- la presenza di microrganismi (da evitare perché comportano una degradazione del prodotto.

L'essiccazione dei prodotti all'acqua non richiede particolari accorgimenti in termini di impianti; l'unica accortezza è quella di garantire un buon ricircolo di aria ed evitare di avere parti in ferro che andrebbero incontro fenomeni di corrosione.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Attraverso l'uso di prodotti vernicianti all'acqua si ottiene la **riduzione delle emissioni** di COV ad un valore inferiore al 10% rispetto ai risultati ottenuti con le vernici a solvente.

La riduzione dell'inquinamento atmosferico è evidente se si tiene conto che:

- 1 kg di vernice a solvente inquina l'aria con circa 600/700 g di solvente rilasciati sottoforma di vapori (parte volatile del prodotto);

- 1 kg di vernice all'acqua inquina l'aria con circa 60/70 g di solvente sotto la medesima forma poiché il contenuto di sostanza volatile non supera il 10% della composizione complessiva del prodotto.

Il beneficio ambientale apportato dalle vernici all'acqua deve essere valutato tenendo conto della tipologia di solvente contenuta nella loro formulazione perché, pur essendo presente in quantità limitata, il solvente compatibile con questo tipo di prodotto appartiene quasi sempre alle classe II e III. I solventi sono suddivisi in 5 classi a seconda della loro pericolosità: da I a V con pericolosità decrescente (I = cancerogeno). In molti casi in presenza di solventi di classe I e II l'autorità competente rilascia l'autorizzazione alle emissioni solo in caso di installazione di impianto di abbattimento. Ciò significa che le vernici all'acqua, pur avendo un contenuto di solvente relativamente basso, possono avere caratteristiche di pericolosità significative.

Questa valutazione deve inoltre tenere conto degli additivi che necessariamente devono essere immessi nelle acque reflue, allo scopo di trattarle ed evitare la formazione di depositi nei sistemi di riciclo (tubazioni, pompe) e di spruzzatura.

Per evitare la formazione di crescite microbiche nei prodotti all'acqua, sono inserite nella formulazione anche piccole concentrazioni (inferiori allo 0,5 % p/p) di fungicidi e biocidi.

L'applicazione di vernici all'acqua apporta un beneficio ambientale non solo legato alla riduzione del solvente contenuto nella loro formulazione, ma anche all'eliminazione del solvente per il lavaggio delle apparecchiature di applicazione; a questo scopo è necessario utilizzare solo l'acqua, mentre eventuali incrostrazioni possono essere eliminate con specifici detergenti.

Le superfici verniciate all'acqua devono essere pulite utilizzando una soluzione in acqua tiepida di un detersivo neutro eliminando alcool, acetone o altri solventi; questa esigenza è legata alla scarsa resistenza chimico-fisica dei prodotti applicati.

Esempi applicativi

Si riporta un esempio di applicazione di ditta che produce serramenti e porte.

In fase di finitura dei serramenti sono effettuati trattamenti di impregnazione e verniciatura con vernici all'acqua. La linea di impregnazione è costituita da due cabine di flow coating su ruote che consente una più semplice manutenzione e da un essiccatore; le barre porta pezzi, la cui portata massima è 120 kg, ciascuna, sono 60 su tutto il circuito.

Dopo l'appensione all'apposita barra con cui si alimenta l'impianto i pezzi entrano nella prima cabina dove viene applicato l'impregnante, successivamente entrano nella zona di essiccazione per poi dirigersi nella

seconda cabina dove è applicata la mano di fondo. I pezzi, dopo un ulteriore passaggio nell'essiccatore, vengono tolti dalla linea e posizionati su quella di verniciatura.

La verniciatura viene effettuata manualmente con pistole a bassa pressione in una cabina a secco.

I serramenti, una volta applicata la mano a finire, vengono di nuovo essiccati in una zona identica alla prima.

Per la finitura delle porte si ha una diversa linea di verniciatura costituita da una cabina pressurizzata a velo d'acqua a doppia cascata, composta di due zone funzionali: all'interno della prima zona viene effettuata la verniciatura, nella seconda l'essiccazione.

Il gruppo di riscaldamento della zona di essiccazione preleva l'aria dall'esterno, la filtra, la riscalda per mezzo di una batteria a pacco in rame-alluminio e la mette quindi nell'essiccatoio tramite un plenum di distribuzione a pannelli filtranti. Il gruppo di aspirazione preleva l'aria interna dall'essiccatoio e la espelle all'esterno, assicurando così una rapida evacuazione di solvente residuo (cosolvente) dall'interno.

Applicazione di tecnologie vernicianti a basso impatto ambientale nel settore del mobile austriaco (produttore Falcioni Macchine –Pesaro, applicata a Gruber & Schlager Austria)

Le tecnologie di verniciatura di pannelli per mobili utilizzate sono di due tipi:

- con spalmatrici e velatrici a essiccazione UV per la verniciatura di pannelli piani;
- con spruzzatrice automatica di prodotti all'acqua per i sagomati ed i bordi, con abbattimento dell'overspray a secco.

I pezzi vengono trasportati attraverso un tappeto speciale, completo di un dispositivo che recupera la vernice attraverso la pulizia in continuo dello stesso.

Applicazione di una velatrice ad acqua nell'industria del mobile nel settore alberghiero (riferimento Moebel Resch – Gargazzone BZ)

La verniciatura ad acqua viene utilizzata nella verniciatura di pannelli piani, applicando vernici all'acqua monocomponenti acrilico poliuretanici autoreticolanti; essendo monocomponenti, tutto ciò che non viene spruzzato può essere riutilizzato.

Sono sottoposti a questo tipo di verniciatura materiali diversi quali: frassino, rovere, abete, ciliegio nazionale, faggio e noce. I buoni risultati ottenuti nell'applicazione della vernice all'acqua hanno registrato un'eccezione nel caso del rovere: a causa della vernice all'acqua il suo colore è risultato variato e tendente al verde; il problema è stato risolto attraverso una mano di colorante a base acquosa con una formulazione in grado di distruggere il tannino, cioè il responsabile del cambio di colore.

Indicatori di prestazione ambientale

- kg di vernice consumata per mq verniciato
- efficienza di trasferimento
- kg di rifiuti totali prodotti per mq verniciato
- % di rifiuti pericolosi prodotti
- kg di COV emessi per mq verniciato
- % in peso di prodotti tossici per l'uomo nella formulazione del prodotto

Aspetti economici

La valutazione economica derivante dall'utilizzo di vernici ad acqua deve considerare che:

- questa tipologia di vernici ha un prezzo che oscilla tra il 20-50% in più degli altri prodotti vernicianti, ma il costo superiore viene completamente compensato da un residuo secco più alto, che significa minor consumo per metro quadrato, impiego di acqua (invece del solvente di lavaggio) per le operazioni di pulizia, eliminazione delle spese di abbattimento delle emissioni;
- i principali costi di investimento sono legati alla necessità di controllare le condizioni climatiche durante l'applicazione e essiccazione della vernice;
- non essendo vernici infiammabili, il loro utilizzo permette di ridurre notevolmente i costi assicurativi, garantendo una maggior sicurezza dell'ambiente di lavoro;
- se le condizioni climatiche sono conformi alle esigenze della vernice all'acqua il tempo richiesto per essiccazione è inferiore rispetto ai prodotti a solvente.

Fornitori

ALGALITE
Via Leonardo da Vinci, 277 - 20090 Trezzano Sul Naviglio (MI)
Fornitore linea Tollens

FRAMAKEMI
Via Siemens, 4 - 39100 Bolzano
Fornitore linea Pacific

ARCH COATINGS ITALIA SpA
Via del Fiffo, 12 40065 Pianoro (BO)
tel 051 770511 fax 051 777437
e-mail : lineablu@sayerlack.it

INDUSTRIA CHIMICA ADRIATICA S.p.A.
Zona industriale B - Via Cattolica 62013 Civitanova Marche
tel 0733 892121 fax 0733.892344

ILVA polimeri SpA
Via A.Costa, 2 20030 Senago (MI)
tel 02 990 99.1 fax 02 9905 1634
e-mail : ilvapolimeri@ilvapolimeri.com

3.3.2 Vernici poliuretaniche bicomponenti all'acqua

Recentemente sono stati immessi sul mercato vernici poliuretaniche bicomponenti all'acqua derivate da poliisocianati alifatici facilmente disperdibili in acqua che consentono di preparare vernici poliuretaniche bicomponenti per legno, trasparenti e pigmentate, non ingiallenti, con caratteristiche estetiche e prestazioni simili ai tradizionali prodotti al solvente.
Partners di reazione di questi nuovi poliisocianati sono nuove resine in dispersione acquosa, acriliche e acriliche poliuretaniche, con funzionalità ossidrilica.

Campo di applicazione

I prodotti poliuretanici bicomponenti all'acqua possono essere impiegati sia per la realizzazione di fondi (si applicano come prime mani per il riempimento e la preparazione di tutte le superfici in legno, sia esso destinato all'arredamento interno o cornici, oggettistica e parquet) che per i trattamenti di finitura (per parquet o mobili, in particolare per cucina e bagno).
Tali vernici poiché presentano ottime qualità estetiche e caratteristiche chimico-fisiche paragonabili agli equivalenti prodotti al solvente, risultano particolarmente idonee alla verniciatura di mobili, porte, arredamenti in legno per interno. L'elevata resistenza all'ingiallimento, la bagnabilità, la trasparenza, morbidezza e scorrevolezza al tatto le rendono più idonee a manufatti di qualità.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

L'incorporazione dei poliisocianati deve avvenire tramite agitazione meccanica (ad esempio per 1 minuto a 2000 giri con un mescolatore munito di una girante dentellata del diametro di circa 1/3 del contenitore di mescolazione), al fine di ottenere un più intimo contatto tra i due componenti. Poiché la reticolazione del prodotto, ossia il suo indurimento, avviene mediante reazione tra i due componenti, deve essere posta attenzione per una corretta scelta di componenti che abbiano un corretto livello di reattività (pot-life); tale da garantire la stabilità necessaria per poterne permettere l'applicazione. In alternativa sono disponibili attrezzature applicative che mescolano i due componenti immediatamente prima della pistola attraverso cui il prodotto è inviato sul substrato.

Le vernici poliuretaniche bicomponenti all'acqua impiegate per fondi si applicano a velatrice o a spruzzo con apparecchiature tradizionali (airless, airmix); per l'applicazione su parquet si usa pennello o rullo. I prodotti per finitura si applicano solamente a velatura o a spruzzo.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

I **benefici ambientali** che si ottengono sono dovuti al fatto che il contenuto di COV medio di questi prodotti vernicianti oscilla intorno al 6,5% e si avrà quindi una riduzione delle emissioni al 90%.

Se si fa riferimento ad un ciclo di verniciatura standard, eseguito applicando due mani di fondo ed una di finitura, avremo un'emissione di COV di circa 250 g/mq per il ciclo a solvente contro 26g/mq del ciclo all'acqua.

Esempi applicativi

Riciclaggio di vernici poliuretaniche bicomponenti (tecnologia Bayer – Milano)

Si tratta di un processo di recupero dei leganti provenienti dalle vernici PUR bicomponenti coagulate. Grazie a questo processo si possono recuperare i residui di vernice risultanti dall'overspray e dall'acqua delle cabine di verniciatura, trasformandoli in sistemi PUR monocomponenti; questi a loro volta, permettono di ottenere vernici a forno di elevata qualità, od essere utilizzati come compoinenti poliolo nelle vernici PUR bicomponenti.

Indicatori di prestazione ambientale

- kg di vernice consumata per mq verniciato

- efficienza di trasferimento
- kg di rifiuti totali prodotti per mq verniciato
- % di rifiuti pericolosi prodotti
- kg di COV emessi per mq verniciato
- % in peso di prodotti tossici per l'uomo nella formulazione del prodotto

Aspetti economici

Tali vernici aggiungono alle ottime qualità estetiche ed alle caratteristiche chimico-fisiche paragonabili agli equivalenti prodotti al solvente, il beneficio ambientale conseguente alla riduzione del solvente contenuto nella loro formulazione; l'utilizzo dell'acqua migliora l'impatto ambientale durante l'abbattimento. Il maggior costo, comunque limitato, risulta così compensato.

Fornitori

INDUSTRIA CHIMICA ADRIATICA S.p.A.
Zona industriale B
Via Cattolica 62013 Civitanova Marche
tel 0733 892121 fax 0733.892344

ILVA polimeri SpA
Via A.Costa, 2 20030 Senago (MI)
tel 02 990 99.1 fax 02 9905 1634
e-mail : ilvapolimeri@ilvapolimeri.com

3.3.3 Vernici poliuretaniche ad alto solido

Le vernici poliuretaniche ad alto solido sono il risultato della riduzione dei solventi contenuti nei tradizionali prodotti vernicianti.

Questo obiettivo è stato conseguito grazie alla minore viscosità raggiunta dalle vernici con la conseguente minore necessità di diluirle con i solventi: essendo la viscosità di un prodotto direttamente proporzionale alla lunghezza delle catene polimeriche che costituiscono la resina, riducendo la dimensione molecolare dei costituenti si riduce anche la viscosità del prodotto stesso.

La presenza ridotta di solventi nella formulazione del prodotto, se da una parte apporta un evidente beneficio ambientale, dall'altra è in grado di complicare il modo di filmare dello strato verniciante, allungando il tempo di applicazione, essiccazione e di maneggiabilità dei pezzi trattati.

Campo di applicazione

Le vernici poliuretaniche ad alto solido si suddividono a seconda che vengano utilizzate per il fondo o per la finitura, e possono essere trasparenti o pigmentate.

Le vernici poliuretaniche ad alto solido impongono vincoli e condizioni per l'applicabilità, in relazione al residuo, che ne esclude l'applicazione per finiture a poro aperto, le quali richiedono necessariamente prodotti a basso residuo secco.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Per agevolare l'applicazione delle vernici ad alto solido possono essere utilizzati sistemi che riscaldano il prodotto verniciante fino ad ottenere il giusto grado di viscosità. Il riscaldamento viene operato attraverso resistenze elettriche installate sui dosatori della vernice o preventivamente scaldare la vernice a bagno-maria.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Si ottengono **benefici ambientali** in quanto le vernici poliuretaniche producono un residuo secco all'applicazione del 58/60% per i trasparenti e 70/75% per i pigmentati. Il basso contenuto di solventi permette di raggiungere i seguenti risultati intermini di inquinamento prodotto: 140 g/mq = 49 g di COV.

Indicatori di prestazione ambientale

- kg di vernice consumata per mq verniciato
- efficienza di trasferimento
- kg di rifiuti totali prodotti per mq verniciato
- % di rifiuti pericolosi prodotti
- kg di COV emessi per mq verniciato
- % in peso di prodotti tossici per l'uomo nella formulazione del prodotto

Aspetti economici

La riduzione della dimensione molecolare, necessaria per ridurre la viscosità del prodotto, richiede delle trasformazioni nelle vernici, al fine di aumentarne la reattività e raggiungere velocità di trattamento adeguate ai ritmi produttivi; la soluzione di questo problema tecnico (inserimento nella struttura della molecola della resina gruppi funzionali più reattivi) comporta un inevitabile aumento del costo di questi tipi di prodotti. Questa

affermazione è confermata dal fatto che riducendo il contenuto di solvente, si riduce la componente più economica della vernice. Le vernici poliuretaniche ad alto residuo secco non richiedono particolari investimenti dal punto di vista impiantistico.

Fornitori

WECOS s.r.l. G.m.g.H.
Via Franklin- Str.4 39055 Laives (BZ)
Tel 0471 955453- 594322 fax 0471 955828
e mail : info@wecos.it

3.3.4 Vernici ad essiccazione UV

Accanto ai prodotti vernicianti di più largo impiego nell'industria del legno (quali le vernici poliuretaniche a base solvente) trovano spazio le vernici polimerizzanti all'UV, che rappresentano ormai una realtà consolidata e significativa, raggiungendo in Italia il 15% del mercato. La tecnologia UV si basa sul seguente principio di reazione di reticolazione:

- dapprima, ad opera di una sorgente UV e di fotoiniziatori, viene promossa la rottura dei doppi legami tra atomi di carbonio presenti nelle catene polimeriche dei prodotti vernicianti;
- in seguito i legami rotti si riformano spontaneamente tra catene diverse provocando la reticolazione, e quindi l'indurimento del prodotto.

Nel campo delle vernici ad essiccazione con luce ultravioletta si possono trovare 5 famiglie di prodotti:

a) poliesteri in stirene;
b) poliesteri con solvente;
c) acrilici in monomero al 100%;
d) acrilici in solvente;
e) acrilici in acqua.

Rispetto alla gamma complessiva di vernici all'UV si trovano, quindi, sia prodotti a base di solvente sia vernici che ne sono totalmente prive. Relativamente ai poliesteri a base di stirene va inoltre sottolineato che lo stirene funge sia da solvente che da monomero di reticolazione e, pertanto, il rilascio di COV risulta inferiore rispetto ai normali prodotti a solvente, poiché una parte consistente di stirene polimerizza assieme alla resina.
Il sistema di essiccazione UV, riducendo molto i tempi di polimerizzazione, comporta un'ulteriore diminuzione della quantità di stirene rilasciata.

La tecnologia UV offre una significativa serie di vantaggi, sia di tipo ambientale (così come descritto al paragrafo 3.4.3.) che di tipo produttivo:

- la velocità di essiccazione / accatastamento consente un'elevata produttività;
- il film di vernice polimerizzata all'UV presenta caratteristiche di ottima resistenza chimico-fisica e fornisce così un profilo di qualità elevato al manufatto;
- i forni di essiccazione sono di dimensioni ridotte rispetto ai sistemi tradizionali;
- gli impianti per la tecnologia UV sono molto versatili e flessibili e rendono possibile l'impiego di una vasta gamma di prodotti.

Campo di applicazione

Mediante vernici polimerizzabili all'UV prive di solvente è possibile verniciare legno massiccio, lastre impiallacciate, carte supportate, truciolare e MDF, variamente combinati come segue:

a) superfici completamente piane (pannelli per mobili, parquet, bobine di lastra supportata per bordi);
b) parti verticali di piccole dimensioni (bordi di pannelli);
c) piccoli manufatti tridimensionali (aste e cornici);
d) superfici sagomate (antine sagomate con cornici, oggettistica varia);
e) grandi manufatti tridimensionali.

A causa della rapidità di essiccazione e di scarsa penetrazione delle resine, le vernici all'UV presentano una difficoltà di adesione sui legni resinosi.

Il sistema di essiccazione con raggi UV presenta inoltre alcune difficoltà nei sistemi pigmentati (dato che i pigmenti filtrano la penetrazione dei raggi all'interno del film di vernice impedendo di dare il via alla reticolazione) e alcuni limiti per l'applicazione in supporti non piani (dove vi possono essere "zone d'ombra" non raggiungibili dalla radiazione).

Per risolvere questi problemi che limitano l'impiego della tecnologia UV nel settore del mobile laccato, ed anche per risolvere quelli dovuti all'utilizzo di sistemi completamente acrilici (vernice al 100% secco) che presentano alcune difficoltà in termini di:

- omogeneizzazione dell'opacante;
- bagnabilità del poro nel caso di finitura a poro aperto;
- effetto "plastico" della superficie;
- copertura nel caso di finiture pigmentate;

è stato messo a punto un sistema misto acrilico-poliuretanico a copertura totale, applicabili nelle normali linee UV, perfettamente e completamente polimerizzabile e con caratteristiche applicative, estetiche e soprattutto di copertura tipiche dei pigmenti poliuretanici.

I vantaggi dei prodotti misti acrilico-poliuretanici polimerizzanti all'UV rispetto ai normali laccati opachi poliesteri o acrilici sono i seguenti:

- l'effetto estetico è in tutto simile a quello dei poliuretanici, con una durezza tipica dei poliesteri o acrilici;
- applicabilità a spruzzo e/o a velo;
- possibilità di eseguire il ciclo partendo dal truciolare, mdf o carte neutre eliminando quindi l'obbligo di partire da una carta in tinta;
- possibilità di realizzare tinte piene anche forti come blu, rossi, verdi (quasi impossibili da ottenere con gli UV tradizionali);
- uniformità di colore anche se il supporto ha toni diversi, spelature di levigatura, spigoli vivi ecc;
- uniformità di colore a qualsiasi grammatura applicata;
- possibilità di realizzare anche cicli pigmentati a poro aperto su rovere o frassino utilizzando due rulli con fondi trasparenti e 100g/mq di finitura pigmentata UV;
- ottima stabilità di colore nel tempo, resistenza alla luce, resistenza ai detergenti domestici anche ammoniacali, che hanno invece un effetto negativo sulle finiture acriliche UV.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Il sistema di verniciatura ed essiccazione a raggi ultravioletti richiede specifiche tecniche di applicazione in relazione agli effetti finali che si devono ottenere. Esse sono:

a) macchina a rullo (consente di applicare su superfici piane da 5 a 30 grammi di prodotto al metro quadrato, con rulli lisci o rigati. Viene utilizzata per primer, fondi e finiture);
b) stuccatrice (consente di applicare da 30 a 120 grammi di prodotto al metro quadrato con notevole riempimento del poro di supporto, grazie all'azione meccanica del rullo levigatore. Viene utilizzato solo per fondi);
c) macchina reverse (consente di applicare da 30 a 80 grammi di prodotto al metro quadrato, con un'azione livellante dovuta alla funzionalità del rullo reverse. Ideale per fondi da levigare e talvolta per finiture su bobine in continuo);
d) velatrice (consente di applicare da 80 a 300 grammi di prodotto al metro quadrato. Idonea per fondi e finiture);

e) macchina a trafila vacuum (consente di applicare sottovuoto in continuo da 30 a 100 grammi di prodotto al metro quadrato di fondo e finitura);
f) macchina a nastro (laccabord: ideata per applicare da 100 a 200 grammi di fondo al metro quadrato su bordi di pannelli);
g) spruzzo (consente di applicare da 50 a 250 grammi di prodotto al metro quadrato sia di fondo che di finitura, con 3 varianti: pistole fisse con pezzo in movimento, spruzzatrice automatica con reciprocatore e pezzo in movimento, robot con pezzo fermo).

In relazione al tipo di vernice (trasparente o pigmentata) e al tipo di manufatto da trattare sono state messe a punto tecniche ottimali in grado di ottimizzare il risultato. Nei casi in cui si debba procedere a **verniciatura trasparente** si definiscono per i seguenti manufatti specifiche caratteristiche tecniche:

- mobili smontati e porte lisce sono verniciati attraverso sistemi a rullo e velatrice: nel primo caso (mobili smontati) la somma delle mani di vernice UV permette di non superare i 40g/mq;nel secondo caso (parti lisce) le vernici UV sono applicate a rullo per i fondi e a velatrice per le finiture;
- cornici per quadri e profili per mobili per l'edilizia, attraverso il sistema a trafila sotto vuoto; in questo caso si possono applicare prodotti vernicianti al 100% di solido ad essiccazione a raggi UV, consentendo la totale eliminazione del solvente e dell'overspray. La macchina utilizzata permette l'uso di prodotti vernicianti solo se privi di solvente e lavora ad una velocità intorno ai 40m/min.

La **verniciatura pigmentata** degli stessi oggetti può presentare dei limiti legati alla copertura stessa; l'impossibilità di avere un'alta concentrazione di pigmento impone, infatti, l'applicazione di più mani di vernice.

Per l'essiccazione dei vari prodotti UV possono essere distinte tre diverse fasi:

a) flash-off (per vernici con residuo secco inferiore al 100%): tempo necessario per il rilascio dei solventi o dell'acqua, l'azione del filmogeno, l'affioramento delle paraffine o delle silici opacizzanti. Si effettua in essiccatoi con controcorrente di aria calda (da 30°C a 50°C con velocità 1 - 3 metri al secondo) al buio;
b) gel-time (per vernice a base di resine poliesteri): tempo utilizzato per iniziare la polimerizzazione progressiva del film in profondità; non si essicca la superficie. Si effettua in essiccatoi con controcorrente d'aria e lampade UV da 0.5 a 1 Watt/cm (tipo bassa pressione);
c) curing: essiccazione completa del film mediante lampade ad alta pressione a vapori di mercurio o appropriatamente dotate, da 80 a 300 Watt/cm.

La combinazione di queste tre azioni consente la completa polimerizzazione, e quindi la buona qualità del prodotto trattato, qualsiasi vernice UV.

La fonte radiante più adatta per ottenere le reticolazioni ottimali è quella prodotta dalle lampade ad alta pressione dove, oltre al mercurio, siano presenti elementi di transizione quali indio e gallio, in grado di esaltare la capacità fotopolimerizzabile. Per completare la reticolazione in profondità e conferire durezza superficiale si devono poi impiegare lampade ad alta potenza (100-120 W/cm), necessarie per la reticolazione in tutto lo spessore del film.

Una soluzione alla verniciatura di superfici sagomate in cui l'applicazione a spruzzo comporta l'uso di prodotti vernicianti a basso residuo secco (anche prodotti UV ma necessariamente diluiti con il solvente), è rappresentata dai prepolimeri acrilati idrodispersibili, polimerizzabili per mezzo di radiazioni UV.

Per quanto riguarda i prodotti a base acquosa a basso residuo secco, la reazione di polimerizzazione UV deve essere necessariamente preceduta dalla completa eliminazione della fase acquosa, al fine di evitare difetti nel film applicato. La elevata velocità di fotopolimerizzazione può consentire cicli di verniciatura a spruzzo caratterizzati da elevate produttività e caratteristiche fisico-meccaniche dei films del tutto paragonabili ai normali prodotti UV. L'applicazione di questo tipo di vernice implica l'adozione di una adeguata impiantistica:

- cabina di spruzzatura condizionata a 21° C e 60% di umidità relativa;
- zona di flash - off ad aria condizionata alla minima umidità possibile con immissione uniforme "a percussione" a temperatura massima 35/40°C;
- zona di fotopolimerizzazione con lampade UV ad alta potenza opportunamente orientate (80-120 Watt).

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

La tecnologia UV permette di conseguire benefici ambientali tramite una riduzione dell'inquinamento sia interno che esterno, grazie all'impiego di prodotti vernicianti ad alto residuo secco (fino al 100% per i fondi e 85-100% per le finiture). Questa loro caratteristica consente di ridurre notevolmente le emissioni in atmosfera di sostanze organiche volatili: adottando una misura prudenziale, si può affermare che le emissioni di solventi non superano il 10%.

In particolare l'impiego di prodotti acrilici in monomero al 100% consente di ottenere un'emissione teorica nulla (grazie alla bassa volatilità – circa 0.02 mg/min – del monomero acrilico); ciò nonostante in quest'ultimo caso è necessario tenere conto della emissione di COV derivante da additivi vari o diluenti di applicazione

Oltre all'aspetto legato alla diminuzione delle emissioni di solvente (che si traduce anche in un aspetto di tipo economico poiché l'elevato residuo secco della vernice applicata corrisponde ad una massimizzazione della resa del prodotto) le vernici polimerizzabili all'UV comportano altri benefici ambientali, quali:

- una riduzione dei consumi energetici in fase di essiccazione permessa da una minore richiesta energetica dei sistemi a UV rispetto ai sistemi termici;
- una drastica riduzione dei rifiuti composti da scarti di vernice consentita da un pot-life praticamente illimitato.

Gli operatori addetti alla verniciatura devono essere protetti dalle radiazioni ultraviolette generate dalle lampade con cui si trattano i pezzi verniciati: gli impianti UV sul mercato sono strutturati adeguatamente mediante segregazione delle lampade e garantiscono la sicurezza degli addetti.

Esempi applicativi

Verniciatura sottovuoto dei profili delle porte per interni (rif. Effebiquattro – Seregno MI)

L'impianto di verniciatura prevede l'applicazione sottovuoto di un fondo acrilico al 100% di secco (polimerizzabile con radiazione UV) per una grammatura di 10-13 g/mq, con i seguenti vantaggi:

- attraverso la combinazione della velocità del tappeto su cui si trova il pezzo e la quantità di vernice erogata nella camera, viene applicato l'esatto quantitativo di vernice necessaria all'applicazione del fondo;
- la vernice viene depositata solo dove richiesto, attraverso l'ausilio di apposite dime.

La successiva mano di finitura viene eseguita utilizzando spruzzatici con recupero di prodotto.

Applicazione di tecnologie vernicianti a basso impatto ambientale nel settore del mobile austriaco (produttore Falcioni Macchine –Pesaro, applicata a Gruber & Schlager Austria)

Le tecnologie di verniciatura di pannelli per mobili utilizzate sono di due tipi:

- con spalmatrici e velatrici a essiccazione UV per la verniciatura di pannelli piani;
- con spruzzatrice automatica di prodotti all'acqua per i sagomati ed i bordi, con abbattimento dell'overspray a secco.

I pezzi vengono trasportati attraverso un tappeto speciale, completo di un dispositivo che recupera la vernice attraverso la pulizia in continuo dello stesso.

Indicatori di prestazione ambientale

- kg di vernice consumata per mq verniciato

- efficienza di trasferimento
- kg di rifiuti totali prodotti per mq verniciato
- % di rifiuti pericolosi prodotti
- kg di COV emessi per mq verniciato
- % in peso di prodotti tossici per l'uomo nella formulazione del prodotto

Aspetti economici

La tecnologia UV offre una serie di vantaggi dal punto di vista economico:

- il volume di vernice utilizzato può essere ridotto grazie alla resa elevata garantita dall'alta percentuale di residuo secco;
- il personale richiesto per questo tipo di ciclo può essere ridotto fino a 1/3 rispetto al più semplice ciclo tradizionale (fondo poliestere e finitura poliuretanica);
- i costi di lavorazione possono essere ridotti grazie ad una più razionale gestione e programmazione dei componenti da verniciare;
- i tempi di essiccazione sono rapidissimi e ciò consente livelli di produttività molto elevati;
- le vernici non catalizzate se non ancora adoperate, possono essere consumate in seguito, eliminando gli sprechi;
- la resa delle vernici UV per mq risulta essere circa il triplo rispetto a tutti gli altri tipi di vernici;
- il costo della vernice deve essere valutato in rapporto al residuo secco; i prodotti ad altissimo secco permettono di raggiungere un'elevata efficienza di trasferimento eliminando gli sprechi di prodotto

Fornitori

INVEBI International
Via Varesina, 78 – 21040 Orago (VA)
Tel 331 218018/ 217004 Fax 216484
e-mail info@invebi.it

INDUSTRIA CHIMICA ADRIATICA
Zona Industriale B. – 62013 Civitanova Marche (MC)
Tel 0733 892121 Fax 0733 892344
e-mail ica@imar.net
sito web: www.icaspa.com

CELACK S.a.s. di Cecconi Marcello & C.

Via G. Rossa, 6/8 Zona ind.le, 3 – Talacchio di Colbordolo (PU)

Tel.0721 906088 fax 9040834
http://www.celack.it

BAYER S.p.A (Ufficio Centrale)

V.le Certosa 130 20156 Milano

tel 02 3978.2845

http//www.bayer.it

3.3.5 Adesivi monocomponenti a base d'acqua

Tali adesivi sono a base di lattici formati da polimeri ad altissimo peso molecolare emulsionati con acqua. I polimeri principalmente utilizzati sono di tipo vinilico (i polivinilacetati - PVAc - e i copolimeri etilene-vinilacetato - EVA), di tipo acrilico (composti da combinazioni di monomeri acrilici, come ad esempio acrilato o metacrilato di metile e di butile per ottenere il grado necessario di flessibilità, oppure copolimerizzati con monomeri a differente natura quale il vinilacetato). Altri polimeri prodotti come lattici anche se poco diffusi in questo settore, sono i neoprenici e i copolimeri stirene - butadiene (SBR).

Campo di applicazione

Adesivi in emulsione acquosa sono utilizzati per elementi di arredo interno, in presenza di basso grado di umidità. Sono particolarmente impiegati nell'assemblaggio di mobili in legno, per unire compensati, laminati, per impiallicciature, operazioni di rivestimento, per pavimenti in legno di media - piccola pezzatura.

Il grande problema nell'utilizzo degli adesivi in emulsione acquosa nel settore degli incollaggi per parquet è dovuto al tempo di asciugatura che, dopo la posa del legno può richiedere fino a tre settimane. Tenendo presente che la quantità di adesivo applicata è di circa 1 - 1,5 kg/mq e che il contenuto solido di quest'ultimo può arrivare al 60-70%, si hanno circa 0,3 – 0,6 litri di acqua da evaporare per ogni metro quadrato. Il tempo di asciugatura è in funzione del contenuto d'acqua, del tipo di legno e delle condizioni ambientali. Il completo essiccamento è necessario per la successiva fase di verniciatura protettiva superficiale del legno che si può realizzare solo con una minima presenza di umidità per evitare fenomeni di rigonfiamento dei listelli di legno (effetto barriera delle vernici protettive solitamente acriliche o poliuretaniche). Il problema si amplifica nel caso di fondi particolarmente umidi o scarsamente assorbenti. Gli adesivi vinilici di ultima generazione garantiscono, comunque, maggiore resistenza all'acqua e tempi di indurimento paragonabili a quelli di adesivi composti da solvente.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Gli adesivi all'acqua possono essere applicati a spatola, a spruzzo, a rullo su superfici perfettamente asciutte e pulite, sgrassate e senza polvere. Alcuni sistemi possono essere automatizzati. I tempi di asciugatura e quindi indurimento di tali prodotti sono generalmente lenti. Dopo l'applicazione, per accelerare l'asciugatura è consigliabile ricorrere a riscaldamento per irraggiamento piuttosto che per convenzione; i sistemi di ventilazione risultano più efficaci dell'aria compressa. Quest'ultima tende, infatti, ad asciugare troppo rapidamente. Tali prodotti temono il gelo e devono, pertanto, essere stoccati ed utilizzati a temperature mai inferiori a 6°C (le caratteristiche specifiche sono riportate in etichetta).

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Il prodotto a base acquosa non può essere considerato del tutto ecologico poiché le formulazioni che ne stanno alla base sono complesse e contemplano l'uso di plastificanti quali gli ftalati, i solventi, le cariche minerali (caolino e carbonato di calcio), gli emulsionanti, coloranti, antimuffe e stabilizzanti. Gli additivi (plastificanti, fungicidi-biocidi, ecc.) inseriti nella formulazione delle colle a base acquosa per migliorarne le proprietà sono presenti in concentrazioni inferiori all'1%. Sostanze volatili nocive, anche se in minime quantità, sono comunque emesse durante la fase di applicazione e successivamente durante il processo di indurimento (e conseguentemente risulta opportuno per gli operatori seguire i consigli di utilizzo di tali prodotti indicati sulle schede di sicurezza).

Anche percentuali di solventi irrisorie presenti nei formulati sono in grado di generare problemi non trascurabili, nel campo dell'incollaggio del parquet, a causa delle grandi quantità di adesivi in gioco. Nel caso della posa di parquet in ambienti scarsamente ventilati, ad esempio, la quantità di COV respirata dal posatore è elevata. Di conseguenza i solventi, solitamente aromatici (in particolare gli xileni) permangono a lungo nei locali e il massetto sottostante il pavimento può contenerne tracce a tre mesi dalla posa. Il problema è particolarmente evidente nel caso di ristrutturazioni, dove sono richiesti tempi brevi per l'agibilità.

Adesivi di ultima generazione presentano formulati del tutto privi di solventi, e permettono, pertanto, una consistente riduzione di emissione dei COV.

Esempi applicativi

La ditta Hussey Seating North Berwick, nel Maine, usa adesivi sia per unire tra loro parecchi pezzi sottili di legno a formare sedili e schienali di sedie, sia per operazioni di tappezzeria inerenti la propria produzione. Per tradizione, tutti gli adesivi usati nell'impianto erano a base di solvente, e questo provocava l'emissione di COV e di agenti inquinanti nocivi, con conseguente diminuzione della qualità dell'aria all'interno dello stabilimento. Dal 1995, Hussey utilizza nel proprio impianto solo colle PVA. A questi nuovi adesivi non è associata alcuna problematica riguardante emissioni nocive o la sicurezza. Il produttore, inoltre, ritira tutta la colla residua, nonché l'acqua di risciacquo, in modo da poterli poi utilizzare nel proprio processo produttivo. È per questo che Hussey ha risolto il problema degli inquinanti azzerando, nel contempo, i costi relativi allo smaltimento di colla e acqua di risciacquo residui.

Indicatori

- tempi di asciugatura
- % di solventi contenuti nel formulato
- contenuto (mg/kg) di additivi pericolosi nel formulato
- resa
- resistenza all'acqua

Aspetti economici e fornitori

Gli adesivi a base acquosa offrono una serie di vantaggi anche dal punto di vista economico. E' stato infatti calcolato dal National Risk Management Research Laboratory dell'EPA che i costi operativi per gli adesivi a base acquosa risultano indicativamente più bassi rispetto a quelli a solvente del 33%, in particolare:

- al maggior costo percentuale dei prodotti all'acqua, rispetto ai tradizionali a solvente, corrisponde maggiore resa grazie alla più alta percentuale di residuo secco;
- i costi relativi alla posa sono ridotti in considerazione della minore quantità di inquinanti emessi e dal ridotto costo di smaltimento riferito all'acqua di risciacquo;
- i tempi di asciugatura e indurimento risultano piuttosto lenti, i pezzi possono essere stoccati in ambienti ventilati, leggermente riscaldati funzionali alle esigenze dell'azienda, con costi energetici contenuti.

Occorre comunque fare attenzione alla composizione del residuo secco della colla, che non necessariamente è uguale al principio attivo. La parte solida della colla è composta da resine, leganti e cariche. Le resine sono il vero e proprio adesivo, le cariche servono all'aumento del grippaggio meccanico per impedire lo scivolamento e rafforzare la coesione. Un troppo elevato contenuto di cariche comporta un abbassamento del prezzo, ma anche un abbassamento qualitativo.

Fornitori

OPERA
Via degli scavi, 19/21 47100 Forlì
tel 0543-720093 fax 0543-796016
e-mail:operackl@tin.it

INDUSTRIA CHIMICA FRATELLI ZUCCHINI S.r.l.
Via Colombo 6 44044- Cassana (FE)
tel 0532- 782611 fax 0532- 732121
e-mail. info@zucchini.it

SLC RINALDI s.r.l
Via dell'industria, 17- 35020 Brugine (PD)
tel 049-5806900 fax 049-580658
e-mail slc@slcrinaldi.it

HENKEL S.p.A
Via g. barrella, 6 - 20157 Milano (MI)
tel 02-3579-2935 fax 02-33200798

MAPEI
Via Cafiero, 22 - 20158 Milano (MI)
telefax 02-37673.214

CAMON
via STRADONE, 99 – 48020 San Bernardino di Lugo (RA)
tel 0545- 74104 – 74105 fax 0545-77157
http://www.camon-srl.com

3.3.6 Adesivi reattivi monocomponenti a base poliuretanica

L'uso di tali adesivi fornisce valida alternativa all'utilizzo di collanti monocomponenti ad emulsione acquosa. Essi riescono infatti a coniugare la tecnologia adesiva mono-componente con delle buone capacità di incollaggio su differenti sottofondi e la facilità di lavorazione in un ampio intervallo di temperature (possibili in un cantiere in differenti stagioni per l'uso specifico di incollaggio dei pavimenti in legno), oltre che con l'aspetto di tutela ambientale (ovvero di assenza di solventi).

Gli adesivi reattivi mono-componenti sono stati messi a punto per la posa dei parquet.

Si tratta di prodotti a base poliuretanica, igroindurenti (proprietà particolarmente preziosa nel caso di utilizzo per parquet), costituiti da prepolimeri poliuretanici con terminazioni formate da gruppi isocianati, opportunamente formulati per ottenere paste tixotropiche (ossia che non scorrono sotto la loro forza peso e quindi idonei per applicazioni verticali).

Campo di applicazione

L'elevata resa e l'ottima resistenza alle alte e basse temperature, nonché alle sollecitazioni meccaniche, rendono questo tipo di adesivo particolarmente adatto per incollaggi tenaci di legni duri, travi, serramenti in legno, imbarcazioni e pannelli di qualsiasi materiale.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Per quanto riguarda la posa del parquet, la natura tixotropica della pasta permette all'applicatore di effettuare agevolmente la posa (fatto un cumulo di prodotto sul pavimento, questo non si distende fino a quando non viene schiacciato dal legno posato); dallo stato semi-fluido l'adesivo passa allo stato solido sviluppando, oltre le caratteristiche adesive, un buon grado di elasticità necessaria ad assorbire la compressione generata dal calpestio e dal movimento naturale del legno. Il completo essiccamento si rende necessario per la successiva fase di verniciatura superficiale del legno. L'assenza di acqua nella composizione del collante permette di evitare i fenomeni di rigonfiamento dovuti all'effetto barriera delle vernici protettive, solitamente acriliche o poliuretaniche.

Le tecniche di applicazione nei casi dell'assemblaggio di manufatti in legno, quali ad esempio i serramenti, sono essenzialmente quelle a spruzzo e a pennello.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Tali adesivi sono paste totalmente prive di solventi che non rilasciano emissioni di sostanze organiche volatili nocive. L'assenza di solvente è permessa dalla presenza, nella formulazione, di composti polimerici a basso peso molecolare che conferiscono al prodotto caratteristiche di bassa viscosità e ne permettono pertanto l'applicazione senza l'aggiunta di sostanze organiche diluenti.

E' stata dimostrata scientificamente, sia "sul campo" sia in laboratorio, anche l'assenza di rilascio dei monomeri compresi nel formulato.

Esempi applicativi

Un'indagine effettuata da un laboratorio di igiene ambientale e tossicologia industriale ha contemplato il prelievo in continuo di aria durante la posa di 35 mq di parquet, mediante l'impiego di adesivo reattivo mono-componente a base uretanica, in un appartamento in ristrutturazione (il prelievo è stato realizzato in prossimità delle vie respiratorie dell'addetto alla posa) e il prelievo di campioni di aria nell'ambiente dopo 24 e dopo 48 ore dalla posa stessa. Tale aria è stata filtrata su appositi materiali in grado di intrappolare le sostanze organiche e si è quindi proceduto con l'effettuazione delle analisi chimico-fisiche di laboratorio necessarie alla ricerca dei monomeri e dei COV complessivi. L'indagine non ha rilevato alcuna presenza di monomero e di COV complessivi nell'aria, sia durante la posa sia nelle 24 e nelle 48 ore successive. Risulta pertanto che l'eventuale concentrazione delle sostanze volatili rilasciate dal prodotto adesivo è al di sotto del limite di rilevabilità del metodo analitico che, a sua volta, è ampiamente inferiore al valore proposto per la concentrazione negli ambienti di lavoro (limiti indicati dall'American Conference of Gonvernmental Industrial Hygienist nel 1998).

L'adesivo è stato comunque oggetto di ulteriori analisi, tese a dimostrare l'assenza di rilascio di COV, condotte in laboratorio in condizioni estreme: 1 kg di colla è stata disposta in un film sottile in un recipiente chiuso, immettendo dell'aria e prelevando quella in uscita in un lasso temporale di tre ore. Tale indagine, ancora una volta, non ha rilevato alcuna presenza di monomero nell'aria.

È stato inoltre accertato che l'adesivo non contiene solventi (se non in quantità infinitesimali): la ricerca delle sostanze organiche volatili ha rilevato solo tracce nell'ambiente (qualche decina di parti per miliardo, valori sensibilmente inferiori ai limiti proposti per gli ambienti di lavoro). Le tracce di solventi riscontrate derivano da impurità contenute nelle materie prime.

Indicatori di prestazione ambientale

- kg di colla consumata per mq di superficie trattata
- kg di rifiuti totali prodotti per mq di superficie trattata
- % di rifiuti pericolosi prodotti
- kg di COV emessi per mq verniciato
- % in peso di prodotti tossici per l'uomo nella formulazione del prodotto
- contenuto % di solventi formulazione del prodotto

Aspetti economici

Ad un costo percentuale, esclusivamente riferito al prodotto, superiore di almeno il 30% rispetto ad adesivi tradizionali adatti ai medesimi usi, si riscontra per gli adesivi reattivi monocomponenti a base poliuretanica un risparmio sia nelle tecnologie relative alla sicurezza sia in quelle relative all'abbattimento, dovute all'assenza di inquinanti aerei. L'impatto ambientale risulta, pertanto, notevolmente ridotto, e strettamente riferito allo smaltimento dei contenitori vuoti ed alla pulizia degli attrezzi.

Fornitori

SLC RINALDI s.r.l
via dell'industria, 17- 35020 Brugine (PD)
tel 049-5806900 fax 049-580658
e-mail slc@slcrinaldi.it:

HENKEL S.p.A
via g. barrella, 6 - 20157 Milano (MI)
tel 02-3579-2935 fax 02-33200798

FRIEDHELM NOLTE GMBH
Nagelsholz, 4 – D-33739 Bielefeld Germania
tel/fax 0049-520-691170 / 6911733

3.3.7 Adesivi bi-componenti a basso potere irritante

La famiglia dei bi-componenti è un'evoluzione dei sistemi più tradizionali in emulsione: rispetto ai prodotti emulsionati i bi-componenti hanno tempi di attesa, prima di procedere alla successiva fase di lavorazione del pezzo incollato, più ridotti. Sono definiti "reattivi" perché, a differenza dei tipi in emulsione nei quali l'indurimento avviene unicamente grazie all'evaporazione del mezzo disperdente (acqua), essi reagiscono chimicamente dopo la miscelazione. I sistemi maggiormente diffusi sono quelli epossi-poliuretanici, composti cioè da una miscela di resine epossidiche e prepolimeri poliuretanici, nella quale il compito della porzione poliuretanica è quello di impartire flessibilità al sistema epossidico di per sé troppo rigido. Debbono essere miscelati all'atto dell'applicazione con un induritore che, nelle tecnologie più recenti, è costituito da una poliammina oligomerica (solitamente polietilenammina) a bassa tensione di vapore. L'ammina è in grado di

reagire sia con la porzione poliuretanica sia con quella epossidica per ottenere una completa reticolazione del sistema.

Sono in commercio anche sistemi poliuretanici, formati da un componente poliisocianico oligomerico e/o prepolimerico e da un induritore costituito da un glicole a lunga catena (polietere o poliestere) multifunzionale. La reazione che consegue alla miscelazione genera la reticolazione a formare un polimero poliuretanico reticolato.

Un'altra classe di polimeri che rientra in questa famiglia è quella delle resine poliestere insature, che generalmente sono miscelate con stirene (circa il 30- 35% in peso), monomero volatile e nocivo. La reticolazione avviene grazie ad un meccanismo radicalico generato da iniziatori aggiunti alla resina (perossidi e idroperossidi) che, una volta in contatto con gli attivatori (quali le ammine aromatiche terziarie o i sali organici di metalli) contenuti nell'induritore, sono in grado di dare inizio alla reazione di propagazione, e quindi di produrre la reticolazione della resina stessa.

Gli adesivi bicomponenti di ultima generazione sono definiti "a basso potere irritante" in quanto le loro formulazioni prevedono un abbattimento di solventi e sostanze volatili, riconosciute nocive, di almeno il 90%; sono in commercio prodotti del tutto privi di solventi. Tuttavia alcune sostanze comunque presenti in tali adesivi, ad esempio esteri, resine, xilene, ammine, anche se in percentuali ridotte, sono considerate pericolose per la salute e prevedono, pertanto, precise misure cautelative per salvaguardare la salute dell'uomo e dell'ambiente sia in fase di utilizzo che di smaltimento.

Campo di applicazione

L'elevata capacità adesiva alle alte e basse temperature nonché alle sollecitazioni meccaniche rendono questo tipo di adesivo particolarmente adatto per incollaggi tenaci di legni duri di grandi dimensioni, pavimenti riscaldanti, lamellari, serramenti per esterni.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

La tecnica di applicazione di prodotti bi-componenti è delicata in quanto introduce la possibilità di errore da parte dell'utilizzatore: un dosaggio errato dei due componenti o una cattiva miscelazione portano a conseguenze ragguardevoli, poiché una non completa reticolazione del prodotto si osserverà solo a opera finita (la miscelazione deve essere fatta con una certa perizia, poiché, di fatto, l'adesivo si produce in loco).

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Il principale svantaggio è dovuto all'utilizzo, come agenti indurenti, di ammine in grado di sviluppare gravi allergie ed eruzioni cutanee, uno dei problemi maggiormente sentiti dagli operatori del settore.
Nelle formulazioni è quasi sempre necessaria l'aggiunta di sostanze diluenti (solventi o acqua) per diminuire la notevole viscosità della miscela epossi- uretanica. Quando la concentrazione di solventi nei prodotti adesivi bi-componenti, non supera il 10% questi possono essere considerati a basso potere irritante; in caso di concentrazioni percentuali superiori si generano rilasci di sostanze volatili non trascurabili, che vanno attentamente valutate. I sistemi poliuretanici bicomponenti, anche se formulati in assenza di solventi, non possono essere emulsionati con acqua.
Le quantità di prodotti da scartare e trattare come rifiuti possono essere non trascurabili, derivanti da errate miscelazioni dei due componenti o dalla miscelazione di quantità superiori al reale bisogno: una volta messi in contatto i due componenti ed innescata la reazione il prodotto indurisce ed i residui non possono essere riutilizzati. Viceversa non si ha alcuna degradazione del prodotto fino a quando non si miscelano i due componenti.
Sono tuttavia in commercio particolari adesivi monocomponenti acetovinilici in emulsione acquosa che, con l'aggiunta di opportuni attivatori, acquistano elevate caratteristiche di idroresistenza, tali da essere considerati bicomponenti. Quest'ultimi prodotti consentono una buona economia d'uso e di smaltimento, soprattutto in merito alla versatilità d'impiego.

Esempi applicativi

Gli adesivi bicomponenti sono in larga parte utilizzati dalla maggioranza dei produttori del settore legno. Vi sono casi di conversione, come ad esempio la Falegnameria Baldoni di Baldoni Giancarlo & C snc di Forlì (tel. 0543 480211), che ha sostituito l'uso di tali adesivi con tipo acetovinilico con possibile aggiunta di attivatori per l'utilizzo in lavorazioni in cui si richiede una particolare resistenza idrica (infissi esterni). Tale scelta ha portato ad una migliore economia di gestione del prodotto, con minore scarto percentuale.

Indicatori di prestazione ambientale

- tempi di attesa dopo l'applicazione
- tempi di conservazione dei prodotti non miscelati
- contenuto % di solvente

Aspetti economici

Ad una elevata resistenza sia di tipo meccanico sia idrico si associa un livello medio di costo del prodotto. L'uso e lo smaltimento richiedono comunque spese consistenti di gestione ed impianto per garantire la salute degli operatori e dell'ambiente; tali oneri risultano ridotti nel caso di utilizzo di bocomponenti a basso contenuto di solvente.

Fornitori

HEKO s.r.l
via Umbria, 13- 36011 Schio (VI)
tel 0445-576828 fax 0445-579504
e-mail: info@hekocoll.com

HENKEL S.p.A
via g. barrella, 6 - 20157 Milano (MI)
tel 02-3579-2935 fax 02-33200798

OPERA
via degli scavi, 19/21 47100 Forlì
tel 0543-720093 fax 0543-796016
e-mail:operackl@tin.it

MAPEI
via CAFIERO, 22 - 20158 Milano (MI)
tel/fax 02-37673.214

SLC RINALDI s.r.l
via dell'industria, 17- 35020 Brugine (PD)
tel 049-5806900 fax 049-580658
e-mail slc@slcrinaldi.it:

3.3.8 Adesivi termofondenti

Gli adesivi termofondenti ("hot melt") sono commercializzati allo stato solido. L'applicazione avviene mediante riscaldamento e induriscono al momento del raffreddamento. La loro composizione è a base di copolimeri sintetici con l'aggiunta eventuale di additivi atti al miglioramento delle prestazioni. Gli adesivi termofondenti di ultima generazione sono polimeri poliuretanici monocomponenti reattivi (PUR) con caratteristiche di resistenza all'acqua e al calore ancora più significative rispetto ai tradizionali prodotti termofondenti. È da poco disponibile sul mercato un "hot melt" poliuretanico in granuli.

Campo di applicazione

L'ottima versatilità di impiego ne consente un uso allargato nel settore del mobile. Gli adesivi termofondenti sono usati soprattutto per unire spigoli, per assemblare mobili, in particolare, data la specifica resistenza all'acqua, per cucine e bagni. Sono indicati per piccoli lavori di precisione.

Gli adesivi a caldo, per le caratteristiche di limitata dispersione del calore del legno e per la necessità di completare i passaggi di incollaggi in tempi rapidi (ovvero prima che la colla raffreddi), non sono utilizzabili per incollare grandi superfici in materiali legnosi.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Gli adesivi termofusibili si applicano utilizzando apparecchiature che consentono il riscaldamento del prodotto solido fino a portarlo alla temperatura di fusione. La maggioranza di tali sistemi sono automatizzati e permettono di fondere e applicare l'adesivo. Per un buon utilizzo e una buona resa del prodotto la temperatura deve rimanere costante.

Si usano comunemente applicatori a pistola che permettono l'estrusione del prodotto adesivo mediante un ugello munito di un sistema a valvola che controlla l'uscita del prodotto. Le pistole "hot melt" sono di diverse tipologie: manuali, automatiche, di diversa capacità e tarate a seconda delle necessità degli utilizzatori. Gli adesivi termofondenti possono essere applicati anche tramite spalmatrice a rullo se le superfici da trattare sono significative.

L'adesivo poliuretanico in granuli può essere impiegato come un normale "hot melt" EVA, seguendo però alcune precauzioni:

- dopo l'apertura le confezioni sono da consumare nel più breve tempo possibile;
- prima di versare i granuli nel caricatore bisogna accertarsi che non ci siano rimasti residui di precedente adesivo;
- il recipiente deve essere completamente svuotato;
- occorre abbassare la temperatura del fusore poiché la temperatura di un "hot melt" PUR è molto più bassa rispetto a un "hot melt" EVA.

Quando vengono scaldati gli adesivi termofondenti tornano a sciogliersi e, come suggerisce il loro stesso nome, vengono applicati caldi e liquefatti ad una vasta gamma di laminati, normalmente utilizzando sistemi automatizzati che allo stesso tempo permettono di fondere e applicare l'adesivo. Spesso, lastre laminari di carta vengono ricoperte di adesivo direttamente dal produttore in modo che tale sostanza possa essere poi

attivata tramite calore, una volta messa a contatto col substrato prescelto, nello stesso impianto di produzione mobili.
Durante la fusione vanno attentamente seguite le indicazioni fornite dal produttore al fine di evitare surriscaldamenti che danno luogo alla formazione di fumi e alla degradazione dell'adesivo.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Lo stato solido degli adesivi termofondenti e la mancanza di solventi nella composizione consentono vantaggi sia nel trasporto e nello stoccaggio del prodotto, sia per quanto riguarda le emissioni di inquinanti al momento dell'applicazione. Un attento controllo delle temperature di fusione permette la riduzione dei fumi (in caso di surriscaldamento si possono liberare sostanze pericolose come aldeidi, ecc.) e in fase di asciugatura non sono prodotte esalazioni di COV. Tali adesivi non sono infiammabili; un'adeguata formazione degli operatori consente il corretto uso in sicurezza degli applicatori. Poiché comunque, anche in situazioni di corretta regolazione della temperatura, si ha un minimo rilascio di sostanze pericolose durante il riscaldamento, occorre valutare specificatamente la presenza dei rischi per gli operatori in modo da garantire l'uso del prodotto in condizioni di sicurezza (in relazione anche alla presenza di sorgenti di calore).
Gli adesivi termofondenti, per le caratteristiche elevate di idroresistenza e nel contempo il basso impatto ambientale, sono considerati una valida alternativa a quelli contenenti solvente.

Esempi applicativi

La ditta Haworth di Holland, nel Michigan, è una grande fabbrica che produce mobili per ufficio. Ha cambiato, alla fine degli anni '90, l'uso di adesivi bicomponenti e a base acqua con adesivi solidi senza solventi per la produzione di porte rivestite. La scelta è stata dettata dalla convinzione di ottenere coi nuovi adesivi una migliore qualità del prodotto. In particolare l'uso di tali adesivi ha permesso la progressiva riduzione dei forni di essiccamento e ha liberato gran parte dello spazio destinato allo smaltimento dei prodotti esausti. Ciò ha permesso una riprogrammazione del lavoro che ha consentito diversi vantaggi, in particolare sono stati realizzati l'88% di riduzione nell'emissione di COV totali ed il 33% di riduzione nell'uso di adesivo. Il risparmio ottenuto è stato stimato in $16.000/anno. Il miglioramento della qualità ha consentito un risparmio approssimativo di $18.000/anno.

Indicatori

- kg di colla consumata per mq di superficie trattata
- kg di rifiuti totali prodotti per mq di superficie trattata
- % di rifiuti pericolosi prodotti
- KWh consumati per mq di superficie trattata

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Rispetto ai tradizionali prodotti a solvente, si riscontra una resa notevolmente più elevata dovuta all'utilizzo totale del prodotto ed alla completa assenza di composti volatili (valutati nell'ordine del 50/70% negli adesivi in cui sono presenti fluidificanti). Il rapporto peso / residuo solido è totalmente a favore degli adesivi termofondenti e consente un abbattimento dei costi nell'uso, nel trasporto, nello smaltimento, nei tempi di produzione. Anche il bilancio energetico risulta favorevole: al costo di fusione si contrappone l'assenza dei costi per asciugatura ed abbattimento delle emissioni.

Fornitori

CAPEC
via Romana Ovest, 45/h- 55016 Porcari (LU)
tel 0583-299002 fax 0583-299015

NORDWALL SpA / AG
via Nazionale, 63- 39040 ORA (BZ)
tel 0471-810259 fax 0471-810297
http://www.nordwal.com

HENKEL S.p.A
via G. Barrella, 6 - 20157 Milano (MI)
tel 02-3579-2935 fax 02-33200798

CAMON
via STRADONE, 99 – 48020 San Bernardino di Lugo (RA)
tel 0545- 74104 – 74105 fax 0545-77157
http://www.camon-srl.com

3.3.9 Adesivi UV/EB

Dai dati comunicati dalle principali ditte produttrici, in Italia, risulta ad oggi l'inapplicabilità di adesivi polimerizzanti con radiazioni UV o con fasci di elettroni (*EB, Electron Beam*), nel settore mobili, per incollaggi legno su legno.

La ricerca risulta comunque avanzata. Il bollettino tecnico dell'EPA nel luglio del 2001 riporta come possibile l'applicazione, oltre che per rivestimenti e vernici, anche per adesivi a trattamento ultravioletto e a fascio elettronico (UV/EB) nel settore dei mobili in legno e dei prodotti in legno in particolare. Lo stesso comunicato rimanda a studi, sperimentazioni, nonché brevetti che prevedono anche per tale settore composizioni di adesivi sensibili ai raggi UV/EB.

3.3.10 Vernici e adesivi bioecologici

I prodotti a base naturale sono definiti bioecologici quando rispondono a precise caratteristiche di ecosostenibilità (nei confronti dell'ambiente) e di biocompatibilità (in relazione all'uomo) Si considerano bioecologiche le vernici nella cui formulazione rientrano esclusivamente materie prime vegetali, animali e minerali non di sintesi. In genere, quelle usate per il legno, sono composte da pigmenti naturali che permettono di ottenere i diversi colori, da leganti (animali, minerali, estratti vegetali) che uniscono i diversi componenti e dalle cariche (essenzialmente minerali) che si aggiungono per dare consistenza al prodotto. I collanti a base naturale, bioecologici, maggiormente impiegati nel campo del legno e mobili in genere sono a base di caseina e calce. Tali prodotti, nella cui composizione rientrano anche minerali naturali quali creta borace e soda zeolite, risultano particolarmente adatti per incollaggi resistenti di elementi di legno nel campo della produzione di mobili e infissi. Si presentano in polvere diluibili in acqua. Altri collanti, a base di lattice, resine naturali, con leganti di origine vegetale, glutine, colla di pesce, a più limitata resistenza, risultano comunque idonei per incollaggio di rivestimenti tessili, lineoleum, sughero, piastrelle in ceramica per pavimenti in ambienti non umidi.

Campo di applicazione

Finestre, porte, mobili e parquet si possono verniciare con prodotti naturali a base di oli e resine che proteggono il legno e consentono di ottenere finiture lucide, semilucide o satinate.

Sono in commercio tipi di adesivi a base naturale , ad alta resistenza meccanica, adatti ad incollare elementi in legno massiccio e materiali di legno per interni, quali mobili, porte, scale, finestre. Gli adesivi bioecologici sono limitatamente utilizzati all'esterno per la limitata resistenza all'acqua.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Le superfici da verniciare sono solitamente da trattare con apposito fondo per fare sì che il legno assorba meglio riducendo la quantità richiesta di prodotto. I tempi di asciugatura variano da 12 a 24 ore. Successivamente si applica la vernice a tampone, a pennello o a spruzzo.

Le colle, additivate con acqua e opportunamente mescolate, sono prioritariamente lasciate maturare al fine di raggiungere l'ottimale viscosità. Vanno, quindi, applicate su entrambe le superfici da incollare. Le due parti congiunte sono serrate a pressioni differenti a seconda del tipo di materiale da incollare. Le superfici del legno devono essere perfettamente accoppiabili, non trattate, pulite, asciutte, prive di grasso e di polvere. A temperatura ambiente sono necessarie circa 3 ore per fissare le parti incollate, a 90° C circa 10 minuti. La colla raggiunge la resistenza definitiva dopo circa 24 ore, a condizioni climatiche normali (20°, 65% di umidità relativa dell'aria). Un'elevata umidità dell'aria e basse temperature possono comportare un notevole rallentamento dell'asciugatura. Il tempo di essiccazione varia inoltre in funzione del tipo e dell'umidità del legno (l'umidità ottimale del legno è intorno al 6 - 12%). L'adesivo è applicato con i normali attrezzi: pennello, spatola o rullo incollatore. La quantità di colla da applicare dipende dall'assorbimento dei materiali da incollare, ma anche dalla ruvidità e dalle irregolarità delle superfici del legno. È necessario rimuovere al più presto le macchie di colla, eventualmente fuoriuscita a seguito della pressione di serraggio, con acqua fredda.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Vernici e collanti bio-ecologici non emettono esalazioni qualitativamente e quantitativamente in grado di provocare effetti nocivi per la salute e sono privi di idrocarburi clorurati o altre sostanze inquinanti persistenti (non decomponibili). Tali caratteristiche permangono sia nella fase di applicazione, sia nella fase di essiccazione.

Dopo l'essiccazione, vernici ed adesivi non emettono gas tossici e risultano assolutamente innocui anche a contatto diretto con organismi viventi; le sostanze naturali hanno un odore caratteristico.

Le materie prime provengono da un ciclo ecologico chiuso e vengono trasformate con tecniche a basso impatto ambientale, cioè con una chimica ed una tecnologia pulita non inquinante. Tali prodotti sono perfettamente reintegrabili negli ecosistemi vegetali. Non sono noti rischi a lungo termine per l'ambiente.

Il lattice può avere effetto sensibilizzante o irritante sull'operatore.

Esempi applicativi

Viganò Flli snc via Bisbino 2 22063 Cantù (CO) tel 031-712398 fax 031- 713841

La ditta produce una collezione di porte ecologiche in legno massiccio, realizzata con criteri tipici di un prodotto ecologico, a partire dalla scelta dei legni, alla loro lavorazione, all'utilizzo di collanti e di finiture

atossiche. La materia prima utilizzata è il legno massiccio trattato naturalmente il quale conserva un'alta igroscopicità, cioè la capacità di respirare e di assorbire l'umidità in eccesso per poi rilasciarla quando l'aria è troppo secca con un determinante contributo alla qualità del microclima. Non sono utilizzati componenti o prefiniti in cui l'essenza a vista risulta limitata o camuffata. Il progetto ha l'obiettivo di ottimizzare al massimo l'utilizzo del legno senza causare sfridi, e di ottenere un prodotto di immagine e di qualità anche sfruttando essenze ritenute "poco nobili" in quanto nodose e irregolari (abete). La composizione della porta dipende dall'adeguamento ai tagli in cui viene normalmente fornito il legno massiccio.

Indicatori

- g di esalazioni nocive emesse in fase di applicazione
- g di esalazioni nocive emesse in fase di smaltimento
- livello di biodegradadabilità
- livello di finitura estetica "effetto naturale"

Aspetti economici e fornitori

L'uso di prodotti bioecologici comporta un più elevato costo per quanto riguarda la fornitura , rispetto ad altri prodotti, mediamente superiore del 30%. L'utilizzo di vernici e collanti bioecologici comporta, altresì, una organizzazione della produzione legata all'uso di legni masselli, con accurato controllo sia dei tipi di legno sia della loro origine, trasporto e stagionatura. Le varie fasi di produzione richiedono, inoltre, manodopera specializzata anche nelle varie tecniche d'incastro, per ottenere buoni livelli di qualità globale del prodotto finito. Il bilancio economico si compensa in termini di salute di operatori e fruitori e di impatto sull'ambiente. Non è trascurabile la resa estetica ottenuta in tali produzioni che insieme agli altri elementi giustifica il maggior costo dei prodotti.

Fornitori

AURO

Distributore in esclusiva per l'Italia HOLZER s.a.s.
Via principale 8- 39028 Silandro (BZ)
tel 0473-621717 fax 0473-620135
e-mail holzer@dnet.it :
Tipologia di prodotti: Olio vernice trasparente/colorata per l'impermeabilizzazione e la protezione contro gli agenti atmosferici di tutti i tipi di legno, per esterni e interni; colore vegetale per velatura; smalti

lucidi e opachi; cere, lacche, impregnanti turapori; colla per falegnameria per incollare elementi in legno massello e derivati in legno; colla a base di lattice naturale per pavimenti per incollaggio leggero di rivestimenti tessili e pavimenti in sughero; colla universale a base di resine naturali per incollaggio materiali in sughero non sigillato, linoleum, compositi di linoleum e sughero, feltro di sughero e simili per interni in ambienti non umidi.

JOTA IMPORT PRODOTTI NATURALI

Distributore per l'Italia BIOFA
Via Giotto 6 B- 39100 Bolzano (BZ)
tel 0471-202633 fax 0471-204694

FRAMAKEMI

Via Siemens 4- 39100 Bolzano (BZ)
tel 0471-202765 fax 0471-202264

AGLAIA

Via pessano 7- 20151 Milano (MI)
tel 02-43022293
Tipologia di prodotti: prodotti bioecologici per finitura a base di ingredienti naturali, solventi a base di terpeni di agrumi; pitture, smalti, cere, collanti.

SOLAS s.a.s

Via Volta 23- 20040 Carnate (MI)
tel 039-675102 fax 039-6076982
e- mail: solas@rete039.it
Tipologia di prodotti: impregnanti, finiture,oli cere, coloranti

I COLORI DELLA TERRA s.r.l.

Via L.Spada 4/a- 40129 Bologna
tel 051-370064 fax 051-755282
Tipologia di prodotti: impregnanti, finiture,oli cere, coloranti

DURGA Laboratori di produzione

Via Togliatti, 5 56040 Orciano (PI)
tel fax 050- 6845500 e-mail: durga@tin.it

3.3.11 Assemblaggio fisico dei manufatti in legno

Oltre ai miglioramenti ambientali che si possono ottenere agendo sulla formulazione delle colle, ovvero limitando o eliminando i componenti pericolosi e i solventi, nel campo dell'incollaggio dei manufatti in legno possono essere seguite strategie alternative che non richiedono l'impiego di alcuna sostanza ma sfruttano l'attrito, proprietà fisica dei materiali.

Campo di applicazione

Per quanto riguarda particolari tipi di arredamento è possibile ricorrere a sistemi ad incastro per il loro montaggio. L'impiego di chiodi e viti sostituisce in molti assemblaggi di mobili l'uso degli adesivi. Anche nella posa di pavimenti in legno è possibile ricorrere a soluzioni a incastro o inchiodatura.

Per quanto riguarda i sistemi di assemblaggio di elementi di arredo, quali cassetti, cornici, stipiti, è possibile ricorrere a particolari tipi di incastro (es. a coda di rondine). Tali sistemi rivestono validità tecnologica quando si tratta di usare legni masselli perfettamente stagionati; spesso per limitare i naturali movimenti del legno si effettuano chiodature o si ricorre a piccoli punti di incollaggio. Le tecniche a incastro trovano particolare applicazione in linee di "mobili ecologici" in particolare letti e collezioni di coordinati che fin dalla fase di progettazione tengono conto di criteri quali:

- la provenienza della materia prima legno da aree controllate;
- la lavorazione di tipo artigianale, con l'uso prevalente di legno massiccio;
- l'utilizzo di incastri, la riduzione dell'uso di colle;
- l'eliminazione di componenti metallici;
- l'utilizzo di finiture naturali e vernici bioecologiche.

Per quanto riguarda i pavimenti in legno è possibile ricorrere a montaggi ad incastro o ad avvitatura su magatelli dei listoni di diverse essenze.

Tecniche di assemblaggio ad incastro

Il collegamento tra i vari elementi delle strutture in legno può essere effettuato in maniera diversa secondo la natura e l'entità delle sollecitazioni alle quali andrà soggetto il tratto di unione. Le parti da unire sono preparate in modo da combaciare perfettamente e spesso i collegamenti sono rinforzati con fasciatura esterna in lamierino di ferro (travi) o con elementi metallici e/o con minime quantità di adesivo.

Quando gli assi dei due pezzi da unire sono l'uno il prolungamento dell'altro si hanno le unioni longitudinali o giunture (a metà legno obliquo, a dentatura diritta semplice, a dentatura obliqua con due biette, a mascella semplice, a mascella doppia, a mascella obliqua, semplice a spina).

Quando invece si tratti di unire due pezzi con assi in direzioni diverse si hanno le unioni per sovrapposizione (semplice, taglio obliquo, a coda di rondine, a coda di rondine con appoggio):

a) a incastro semplice (a maschio nascosto, maschio cuneiforme nascosto, coda di rondine con bietta, a mascella, a croce, con maschio esterno);

b) a incastro multiplo (doppia laterale, a dentatura merlata).

Quando infine si devono formare pezzi di maggiore sezione o estensione si hanno le unioni per ingrossamento (dentatura con biette, scanalature).

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

I sistemi di assemblaggio fisico consentono di ridurre al minimo o di eliminare il consumo di prodotti collanti, con conseguenti benefici ambientali in termini di emissioni di COV in ambiente di lavoro e in atmosfera, di produzione di rifiuti e di consumi energetici necessari all'applicazione delle colle. Va però specificato che le tecniche ad assemblaggio fisico richiedono di effettuare sui pezzi maggiori lavorazioni di taglio (necessarie a conferire ai componenti da assemblare le forme più idonee ai sistemi a incastro) con conseguente aumento della produzione, e conseguente emissione in ambiente di lavoro e all'esterno, di polvere di legno. Il taglio, se realizzato con macchine utensili, genera anche consumi energetici.

Esempi applicativi

Artimestieri Cooperativa Sociale via San Mauro 12 – 12012 Boves (CN) tel 071-388998 fax 387792

Artimestieri produce in proprio mobili ecologici ed ergonomici in legno massiccio in diverse essenze di provenienza controllata, in particolare per le camere da letto. La vendita è diretta, anche per corrispondenza per consentire di contenere i costi di prodotti che richiedono un alto investimento di lavoro e di materia prima. La predilezione per il legno massiccio nasce dalla convinzione che esso costituisca la forma più vitale e piena di energia del materiale. La sua lavorazione avviene a mano con grande cura, anche con attenzione al giusto orientamento verticale ed orizzontale delle fibre in funzione dei diversi utilizzi secondo valutazioni legate alle caratteristiche energetiche ed elettromagnetiche connesse ai canali di scorrimento della linfa. L'uso di colle viene contenuto grazie all'attento uso di tecniche ad incastro.

Riva Industria mobili via Milano, 137- 22063 Cantù (CO) tel 031 733094 fax 733413
e-mail: riva1920@riva1920.it www.riva1920.it

La ditta ha una produzione di mobili con caratteristiche ecologiche per quanto riguarda la scelta dei materiali utilizzati nel processo produttivo aziendale. Sono usate sostanze non dannose per l'organismo, in modo da non arrecare problemi di salute ai lavoratori dell'azienda, ai clienti e all'ambiente. La struttura dei mobili prodotti, in legno massello e multistrato in legno, richiedono in diversi parti, assemblaggi fisici con uso limitato di colle, in particolare i cassetti sono realizzati in massello con incastro a coda di rondine e scorrimento a scatola. Ove necessario sono usati collanti vinilici senza formaldeide, per le finiture sono applicati olii e cere naturali. Sono previsti inserti ad incastro in massello di cipresso profumato con proprietà antitarme.

Indicatori

- durata dell'assemblaggio (per misurare la resistenza dei pezzi montati a incastro o con chiodi e viti)
- kg di legno consumato per unità di prodotto (per evidenziare se la progettazione di forme idonee all'incollaggio comporta un maggior consumo di materia prima)

Aspetti economici ed utilizzatori

L'uso delle varie tecniche ad incastro comporta sicuramente un maggior costo di produzione dovuto oltre che alla necessità di utilizzare essenzialmente legni masseli a buona stagionatura, al ricorso di operatori specializzati. Un utilizzo mirato delle varie tercniche porta comunque a limitare l'uso di colle e ad un conseguente risparmio di costi di stoccaggio ed abbattimento con una buona ricaduta sulla salute dell'operatore e dell'ambiente.

Utilizzatori

CINIUS s.r.l.
C.so di Porta Ticinese 89 20123 Milano tel 02 58107054
Via Righi 13B- 40126 Bologna tel 051 228348 fax 237036

MOBILI ECOLOGICI "MASTROCILIEGIA" Guzzi Arredamenti snc
V.le Assunta 13 20062 Cernusco sul Naviglio (Mi)
tel fax 02 9245415

ARTIMESTIERI COOPERATIVA SOCIALE

via San Mauro 12 – 12012 Boves (CN)

tel 071-388998 fax 387792

RIVA INDUSTRIA MOBILI

via Milano, 137- 22063 Cantù (CO)

tel 031 733094 fax 733413

e-mail: riva1920@riva1920.it www.riva1920.it

4 ASPETTI AMBIENTALI E TECNOLOGIE PIÙ PULITE PER IL SETTORE METALMECCANICO

4.1 DESCRIZIONE DEI PIÙ IMPORTANTI ASPETTI AMBIENTALI COLLEGATI AI PRINCIPALI PROCESSI DI LAVORAZIONE NEL SETTORE METALMECCANICO

L'insieme dei processi di lavorazione dei metalli nell'industria metalmeccanica è ampia e variegata; è però possibile attraverso la definizione di uno schema tipo suddividere un processo metalmeccanico nelle seguenti fasi principali:

- processi di formazione del pezzo
- trattamenti superficiali
- assemblaggio e confezionamento

Gli aspetti ambientali più significativi che caratterizzano un'impresa metalmeccanica sono la produzione di rifiuti (trucioli e altri sfridi metallici, scarti, ecc.), oli usati ed emulsioni oleose, emissioni atmosferiche (nebbie oleose, polveri e COV), rumore. Si descrivono di seguito più nel dettaglio le ricadute ambientali associate ad ogni lavorazione svolta in un processo metalmeccanico, per sintetizzare infine i passaggi chiave che riguardano le emissioni di composti organici volativi (oggetto della successiva sezione di presentazione delle soluzioni "più pulite").

Processi di formazione del pezzo

Comprendono tutte i processi atti alla creare e dare una forma al pezzo, possono essere suddivisi in operazioni di sagomatura, taglio, formatura e rifinitura.

La sagomatura comprende la fusione e lo stampaggio di materiale, vergine o di recupero. Le emissioni atmosferiche sono costituite prevalentemente da polveri e metalli anche se possono essere presenti anche composti organici qualora, soprattutto in presenza di materiali di recupero, questi siano contaminati da residui di tale natura (es. parti verniciate o plastificate). I consumi energetici necessari alla fusione sono rilevanti come pure i consumi di acqua utilizzata per il raffreddamento; i rifiuti prodotti sono perlopiù composti da scorie di fusione e pezzi scartati.

Un'ulteriore definizione della forma è data dalle operazioni di taglio che comprendono diverse lavorazioni quali taglio, punzonatura, foratura, tranciatura. Durante queste operazioni è fatto uso di emulsioni lubrificanti che riducono gli effetti dell'attrito; quando un pezzo deve essere sottoposto a più lavorazioni nelle quali sono utilizzati oli da taglio o lubrorefrigeranti incompatibili possono essere necessarie fasi di lavaggio/sgrassaggio attraverso solventi e/o soluzioni acquose (acide o basiche). Nelle emissioni atmosferiche prodotte in questa fase sono quindi presenti, oltre alle nebbie oleose, anche composti organici volatili (COV) derivati dai solventi o aerosol acidi o basici. La produzione di rifiuti comprende in questo caso trucioli e residui metallici, oli, solventi e soluzioni acquose esauste. Consumi idrici ed energetici sono giustificati rispettivamente dalla preparazione delle emulsioni oleose e dal funzionamento dei diversi macchinari.
Gli stessi aspetti ambientali sono riscontrabili nei processi di formatura (es. piegatura, trafilatura, filettatura, forgiatura, imbutitura) e di rifinitura (tornitura, fresatura, rettifica, etc.).

Trattamenti superficiali

I trattamenti superficiali possono essere suddivisi in: trattamenti termici, di preparazione superficiale e di finitura.
Tempra e rinvenimento sono trattamenti termici che hanno la funzione di migliorare le caratteristiche fisiche (durezza, resistenza, ecc.) di acciaio e altri metalli. I consumi energetici possono essere elevati così come i consumi di acqua utilizzati per il raffreddamento. Sono utilizzati oli da tempra che una volta esausti sono gestiti come rifiuti e che producono nebbie oleose che caratterizzano le emissioni atmosferiche.
Rispetto alle fasi precedentemente viste quelle di preparazione superficiale e trattamento di finitura sono tradizionalmente caratterizzate da un maggiore utilizzo di sostanze chimiche pericolose.
La finalità principale delle operazioni di preparazione è quella di ottenere una superficie completamente priva di contaminanti siano essi solidi (polvere, ossidi, grasso, sali, vernici, inchiostri) o fluidi (es. oli); tale pulizia non solo migliora l'aspetto estetico del pezzo ma è requisito necessario ad operazioni di finitura quali ad esempio l'applicazione di vernici, inchiostri, adesivi, resine o sostanze plastiche.
Le operazioni di pulizia industriale sono alquanto varie sia per le tecnologie (es. laser, macchine sgrassatrici a vapore) che per le sostanze utilizzate (solventi, soluzioni acquose, mezzi abrasivi, ecc.), come pure diversificati risultano i relativi aspetti ambientali. Le tecniche tradizionali più comuni si basano sull'utilizzo di solventi e soluzioni acquose. Le emissioni atmosferiche sono in questo caso, quindi, caratterizzate dalla presenza di COV o aerosol acidi o basici mentre le soluzioni non più recuperabili costituiscono il rifiuto

principale. Nei processi che fanno uso di mezzi abrasivi (sabbia, fiocchi di CO2, etc.) le polveri rappresentano il contaminante più impattante per l'atmosfera.

Altre problematiche ambientali legate ad alcune tecniche di pulizia possono essere i consumi idrici (getti a bassa e alta pressione) o quelli energetici (ultrasuoni, macchine lavatrici, etc.).

I trattamenti di finitura hanno una duplice principale funzione, di protezione ed estetica. Tra i più importanti trattamenti di finitura si ricordano l'applicazione di rivestimenti metallici (es. zincatura), di vernici, inchiostri e sostanze plastiche ma anche la fosfatazione, la brunitura, la passivazione.

Vernici e inchiostri possono contenere elevate concentrazioni di solventi che evaporando permettono l'essiccamento del film superficiale. Le emissioni di COV sono quindi importanti come anche i quantitativi di rifiuti costituiti da morchie, imballaggi contaminati, filtri esausti, acque e fanghi derivanti dai sistemi di abbattimento ad umido. Un'ulteriore fonte di produzione di rifiuti e consumo di solventi è la pulizia dei macchinari (pistole di verniciatura, macchine di stampa) e degli ambienti (es. cabina di verniciatura).

Emissioni di COV possono essere presenti inoltre durante i processi termici necessari all'indurimento di alcune plastiche.

I consumi energetici sono dovuti principalmente al funzionamento dei macchinari utilizzati per l'applicazione (compressori per la verniciatura, macchine da stampa) e per il sistema di essiccamento qualora presente; alcuni sistemi di trattamento delle emissioni di composti organici volatili come i post-combustori possono poi essere significativamente energivori.

<u>Assemblaggio e confezionamento</u>

Sono le ultime operazioni effettuate e consistono nell'assemblaggio, che può avvenire tramite saldatura, incollatura o per incastro, e nel confezionamento. La presenza di sostanze adesive a base di solvente (utilizzate sia per l'assemblaggio dei pezzi che per il packaging) può portare alla generazione di emissioni contenenti COV prodotti anche dalla pulizia, attraverso l'utilizzo di solventi, di macchinari e ambienti.

Per quanto riguarda il confezionamento un ulteriore utilizzo di sostanze pericolose riguarda la stampa degli imballaggi (es. per segnalazione del tipo di prodotto, del lotto, del marchio, ecc.). Nel caso in cui gli inchiostri siano a base solvente si possono avere emissioni di COV e consumo di diluenti per l'inchiostro e solventi per la pulizia delle macchine di stampa.

Le emissioni di COV

La presenza di sostanze contenenti composti organici volatili è, come si è visto, presente in molte diverse fasi delle lavorazioni metalmeccaniche ed è inoltre quantitativamente rilevante. Le operazioni che tradizionalmente sono maggiormente responsabili delle emissioni di COV sono quelle del **lavaggio/sgrassaggio** e della **verniciatura**. Solventi e diluenti sono infatti utilizzati in molte operazioni di pulizia di pezzi e di macchinari, utensili e ambienti; costituiscono inoltre, a diverse concentrazioni (dal 60 – 70% nelle vernici a base solvente a 5 – 6% nelle vernici ad acqua), la parte volatile di molte vernici. A causa di questa caratteristica, se non correttamente aspirati o se stoccati in modo scorretto (es. contenitori aperti), tendono a diffondersi negli ambienti di lavoro dove possono causare danni alla salute degli operatori nel breve e/o nel lungo periodo, o creare potenziali pericoli di incendio a causa della notevole infiammabilità.

4.2 SOLUZIONI A MINOR IMPATTO PER LA PULIZIA / SGRASSAGGIO E LA SVERNICIATURA DEI METALLI

4.2.1 Sostanze per pulizia/ sgrassaggio e sverniciatura alternative ai solventi

Il problema delle emissioni di COV da operazioni di lavaggio può essere mitigato, se non addirittura risolto, attraverso l'impiego di sostanze detergenti alternative ai solventi organici, clorurati o meno, tradizionalmente impiegati. L'efficacia di lavaggio legata alle varie soluzioni "più pulite" di seguito presentate è legata al tipo di contaminazione da rimuovere, al grado di pulizia richiesto e al sistema di lavaggio utilizzato.

4.2.1.1 Soluzioni semi-acquose

Le soluzioni semi-acquose sono miscele semistabili di acqua e altre specie chimiche di origine naturale o sintetica (solventi, tensioattivi, inibitori della corrosione e altri additivi).

In relazione alle sostanze presenti nella miscela si possono avere soluzioni bifase con composti non miscibili in acqua (terpeni, esteri ad alto peso molecolare, idrocarburi distillati del petrolio, glicoeteri) o soluzioni omogenee con prodotti miscibili (alcol a basso peso molecolare, chetoni, esteri, ammine organiche). La caratteristica chimica della miscela influenza la scelta del solvente utilizzato per il risciacquo del residuo lasciato dall'emulsione stessa: normalmente è utilizzata acqua o alcol. Il residuo può essere eventualmente anche lasciato come film protettivo.

Le miscele semi acquose sono utilizzate spesso in processi a ciclo semichiuso o chiuso in cui la soluzione è depurata e riutilizzata. Nel primo caso si ha un riciclo del liquido utilizzato per il risciacquo caratterizzato normalmente da un basso grado di contaminazione, un'altra possibilità è invece quella di riciclare sia nella fase di lavaggio che in quella di risciacquo la fase solvente, opportunamente separate da quella acquosa che viene scaricata. L'opzione di un sistema semichiuso è in genere suggerita dalla scelta di contenere i consumi, e quindi i costi, di solvente, soprattutto nel caso in cui tale sostanza sia utilizzata nella fase di risciacquo e sia quindi caratterizzata da limitati livelli di contaminazione. Nei sistemi chiusi, successivamente alla separazione e all'allontanamento delle contaminazioni rimosse dai pezzi lavati, sono riciclate sia la fase acquosa che quella solvente provenienti dal lavaggio e dal risciacquo permettendo quindi, oltre che una riduzione dei consumi anche una significativa riduzione dei volumi di acqua da trattare/scaricare.

Campo di applicazione

Le miscele semi acquose risultano molto efficaci per la rimozione di pezzi con pesanti carichi di sporco costituito da oli, grassi, resine e residui di lavorazione mentre non sono adatte alla rimozione di ruggine. Penetrano in spazi molto ristretti grazie alla limitata tensione superficiale. Generalmente hanno un basso potenziale di corrosione nei confronti di metalli sensibili all'acqua e sono sicure per la maggior parte delle plastiche e per la fibra di vetro[3].

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego della soluzione

Le soluzioni semi acquose possono essere utilizzate in molti diversi processi di pulizia, dai tradizionali sistemi in immersione, al lavaggio a vapore, ai getti a bassa ed alta pressione, lavatrici automatiche ed integrate, sistemi ad ultrasuoni e megasuoni.

[3] Nel caso si abbia a che fare con materiali pluricomponenti è utile ricordare che alcuni solventi organici utilizzati nelle emulsioni possono non essere compatibili con alcuni materiali: i terpeni generalmente non sono raccomandati per il lavaggio di poliestere, PVC, policarbonato, polietilene a bassa densità e polimetilpentene; non sono compatibili con la gomma naturale a elastomeri, silicone e neoprene. Parimenti il N-metil-2-

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

L'utilizzo di miscele semi acquose permette di ridurre significativamente l'utilizzo di solventi il cui consumo dipenderà principalmente da due fattori: la concentrazione di questi nella miscela e la presenza di un sistema di separazione e riciclo.

Una minore concentrazione di solvente nella miscela non ha ricadute solamente sui consumi di questi ultimi ma anche, elemento non trascurabile, sulle condizioni di sicurezza del luogo di lavoro. Alcune miscele semi acquose concentrate sono infatti infiammabili a temperatura ambiente, e ciò influenza pesantemente la scelta delle tecnologie di impiego (ad esempio alcune miscele infiammabili non possono essere utilizzate in sistemi a getto ad alta pressione o ancora non tutte le lavatrici automatiche sono progettate per lavorare con sostanze infiammabili), nonché il numero e la gravità dei requisiti di sicurezza antincendio a cui è necessario ottemperare. Sono inoltre innalzate le probabilità di incidenti rilevanti.

Ridurre la concentrazione di solventi nella miscela può inoltre minimizzare altri aspetti negativi tipici dell'utilizzo di solventi quali gli odori (che possono essere fonte di disturbo anche per il vicinato) nonché il contatto e l'inalazione di sostanze spesso dannose per la salute dei lavoratori e per l'ambiente.

Alcuni solventi o sostanze organiche utilizzate nelle miscele semi acquose hanno effetti particolarmente dannosi sulla salute umana (cancerogene, mutagene, dannose per il sistema riproduttivo): per questo motivo sarebbe opportuno evitare accuratamente e completamente l'utilizzo di tali sostanze a meno di un loro utilizzo in sistemi completamente ermetici.

Un sistema di separazione, depurazione e riutilizzo delle emulsioni permette di ridurre fortemente i consumi di solventi e soprattutto i quantitativi di rifiuti da smaltire. Nel caso specifico delle soluzioni semi acquose poi, è possibile il riutilizzo della fase acquosa grazie alla quale sono ridotti non solo i consumi idrici ma anche i volumi da depurare e scaricare.

Il maggior beneficio apportato da queste soluzioni riguarda l'assenza di sostanze dannose per l'ozono (es. solventi alogenati). Le emissioni di COV possono essere limitate, oltre che, come visto in precedenza, riducendo al minimo i consumi di solventi che compongono la miscela, anche scegliendo specie chimiche a bassa volatilità o che abbiano una bassa reattività fotochimica. Ridurre la temperatura della miscela al minimo indispensabile compatibilmente con il grado di pulizia richiesto può essere poi un accorgimento gestionale in grado di ridurre la volatilità e quindi le emissioni di COV.

---

pirrolidone dissolve o degrada ABS, Kynar™, Lexan™ e PVC e causa rigonfiamenti in Buna-N, Neoprene e Viton™.

4.2.1.2 Soluzioni acquose

L'azione pulente delle soluzioni acquose si basa sia su interazioni chimiche che fisiche. La composizione chimica di tali soluzioni è alquanto ampia comprendendo:

- ***acqua pura*** (tal quale, filtrata o demineralizzata);
- ***soluzioni acquose neutre*** - si tratta di soluzioni acquose caratterizzate da pH neutro; diversamente dall'acqua pura possono contenere tensioattivi, agenti chelanti, inibitori e altri additivi in grado di migliorarne le performance;
- ***soluzioni acquose acide*** - le soluzioni acide sono miscele acquose con pH minore di 7 che possono contenere acidi inorganici (es. fluoridrico, solforico, nitrico, fosforico, cromico) o organici (es. acetico, ossalico, cresilico). Altri additivi presenti sono detergenti, agenti chelanti e piccole quantità di solventi miscibili in acqua. La scelta della composizione della soluzione acida dipende dalla natura del contaminante e del substrato da trattare;
- ***soluzioni acquose basiche*** - con tale termine si indicano soluzioni acquose caratterizzate da pH maggiore di 7 e normalmente compreso tra i valori 10 - 14. All'interno di questa famiglia sono presenti soluzioni ioniche (anioniche o cationiche) e non ioniche. I livelli di pulizia raggiungibili sono elevati in particolare se avviene il risciacquo e la soluzione è opportunamente filtrata. Normalmente sono utilizzati additivi come emulsionanti, per mantenere dispersi oli e grassi in soluzione, e tensioattivi, agenti sequestranti e inibitori di corrosione (necessari per alcuni metalli come l'alluminio) per migliorarne le performance.

Variabili importanti che influenzano il risultato di pulizia ottenibile sono la composizione delle soluzioni, la concentrazione dei componenti, la temperatura e la presenza di sistemi di agitazione, ad ultrasuoni, ecc. In particolare i sistemi meccanici associati ai sistemi di lavaggio con soluzioni acquose diventano via via più importanti man mano che diminuisce il potere di attacco chimico delle soluzioni stesse: le soluzioni a più basso potere di pulizia, come l'acqua pura, sono utilizzate frequentemente in sistemi in cui sono sfruttate le caratteristiche fisiche del mezzo come il calore (sistemi a vapore), l'elevata energia cinetica (getti a bassa e alta pressione) o entrambi (ultrasuoni).

Le soluzioni acquose possono essere utilizzate per la rimozione di moltissime tipologie di contaminanti sui più svariati materiali ma il loro impiego presuppone scelte oculate in base alla natura del contaminante, del

materiale trattato e del grado di pulizia richiesto; sarà inoltre molto importante un attento controllo dei parametri di processo.

Campo di applicazione

La pulizia e lo sgrassaggio con soluzioni acquose può essere utilizzata in numerose applicazioni incluse alcune che, fino a poco tempo fa, erano considerate il dominio dei sistemi a solvente o a vapore. Attualmente esistono molti tipi differenti di soluzioni acquose disponibili: poiché solitamente l'acqua da sola non è un detergente completo in molti casi vengono aggiunti additivi che influenzano il potere di rimozione dello sporco. Si presentano di seguito le specifiche applicazioni possibili con le diverse tipologie di soluzioni acquose.

Acqua pura - L'acqua non contenente altri additivi o detergenti può essere efficacemente utilizzata per rimuovere refrigeranti a base acquosa, cloruri e altri contaminanti ionici di cui è ottimo solvente, grasso, polvere, sabbia e particolato in genere. L'acqua ad alta pressione può essere utilizzata per rimuovere scorie metalliche prodotte da fresatrici, denti di cane dalle carene delle barche, vernice da aeroplani, e per pulire tubazioni intasate.

Un limite applicativo dell'acqua può essere la variabilità, da zona a zona, di durezza e di altre caratteristiche chimiche, in alcuni casi potrà essere necessario procedere a demineralizzazione per evitare la comparsa di macchie e incrostazioni, in altri casi, come nel lavaggio di precisione, si procede spesso con deionizzazione e filtrazione spinta.

Soluzioni acquose neutre – Anche grazie alla presenza di tensioattivi che accrescono notevolmente la capacità bagnante, le soluzioni acquose neutre sono ottimali per la rimozione di cloruri ed altri sali, di cui sono ottimi solventi, e particolato sia organico che inorganico. Non sono invece idonee per l'impiego in sistemi ad immersione semplici in quanto sensibili a variazioni del carico contaminante e non sufficientemente aggressive da un punto di vista chimico. Frequente è il loro uso in abbinamento a sistemi a getto, vapore o ultrasuoni.

Soluzioni acquose acide - Le applicazioni sono alquanto varie, essendo le soluzioni acide utilizzate comunemente per rimuovere incrostazioni, ruggine e altri ossidi di metalli ed essendosi dimostrate efficienti anche con sostanze organiche (eccellenti con composti pigmentati per il disegno che

dissolvono e rimuovono). Le soluzioni acide non sono invece molto efficienti in caso di contaminazione dei pezzi con oli, grassi e colofonia.

Altre applicazioni riguardano la rimozione di scorie di fresatura, saldatura e trattamento a caldo, smaltatura di porcellane, stagnatura, zincatura e altri metalli elettrodeposti, incrostazioni calcitiche, prodotti di reazione tra acqua e contaminanti, particolari proteine.

Oltre agli impieghi per il lavaggio, si può ricorrere alle soluzioni acide:

- per il trattamento di alluminio e altre leghe o metalli attaccate chimicamente da forti detergenti alcalini;
- per dare brillantezza ad alluminio e acciaio (acido nitrico e fluoridrico);
- per fornire a parti da verniciare copertura di fosfato anti-corrosione (acido fosforico);
- per trattare con acido cromico il magnesio che normalmente mostra effetti indesiderati quando trattato con acidi deboli diversi.

Le soluzioni acide possono essere utilizzate anche per la sverniciatura, questo tipo di utilizzazione è d'altra parte meno comune rispetto all'utilizzo di soluzioni alcaline in quanto alcuni metalli possono essere intaccati e indeboliti (fragilità da idrogeno) ed è inoltre spesso necessaria la neutralizzazione del pH. Il problema della fragilità da idrogeno può essere evitato da un'accurata scelta dell'acido e del trattamento (es. trattamento a caldo).

I limiti di questo tipo di soluzioni derivano soprattutto dagli effetti negativi che possono avere su alcuni metalli. Per esempio soluzioni acide contenenti cloruri macchiano tutti gli acciai inossidabili e rovinano il magnesio, alcuni tipi di acciai inossidabili possono dissolversi a contatto con acido solforico caldo o acido cloridrico.

Soluzioni acquose basiche - Sono, tra le soluzioni acquose, quelle più utilizzate. Sono infatti in grado di rimuovere grassi, oli da taglio e lubrificanti, alcune vernici a base acquosa, liquidi refrigeranti, ditate, cosmolene, vaselina, cere, particelle oleose, sporco di officina, sali, ruggine e incrostazioni, e ancora inchiostri e prodotti per la pulizia e la lucidatura. Le soluzioni alcaline sono state usate con successo nella pulizia di ferro e acciaio inossidabile e dolce. La corrosione della placcatura può rappresentare però un problema per alcuni materiali.

In alcuni casi si è notata un'influenza negativa sulla sensibilità di alcuni metalli alle soluzioni alcaline in presenza di agenti chelanti o sequestranti. Il piombo, per esempio, risulta particolarmente sensibile a soluzioni alcaline calde in particolare quelle contenenti cloruri o agenti sequestranti, il titanio non è

normalmente sensibile a soluzioni fortemente alcaline a meno che non siano presenti agenti chelanti. In molti casi comunque il problema può essere risolto attraverso l'utilizzo di inibitori.

Diversi sono i materiali sensibili in particolari condizioni che necessitano di specifici inibitori della corrosione:

- l'allumino e lo stagno sono sensibili alle soluzioni ad alta attività alcalina, è necessario in questi casi far uso di inibitori della corrosione come silicato di sodio o cromato;
- l'ottone è reso opaco da soluzioni fortemente alcaline, anche in questo caso sarà utile ricorrere a inibitori;
- il magnesio è molto sensibile a quasi tutte le soluzioni acquose (acide, basiche, neutre) con l'esclusione di quelle con pH maggiore a 10,6. Negli altri casi è possibile ricorrere a inibitori quali silicato o cromato acido.

Le soluzioni alcaline possono lavorare entro un intervallo molto ampio di temperatura; ad elevate temperature sono spesso utilizzate in processi di sverniciatura (stripping chimico). Sono utilizzate in particolare per rimuovere rivestimenti facilmente saponificabili quali quelli ureici, alchilici o nitrocellulosici da substrati quali acciaio, rame e magnesio. La soluzione presente nelle vasche (hot tanks) è mantenuta in agitazione per velocizzare il processo che comunque non è particolarmente veloce. Questa tecnica di sverniciatura non è applicabile a tutti i metalli e può necessitare di ventilazione addizionale.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego della soluzione

Le soluzioni acquose possono essere utilizzate in molti diversi processi di pulizia, dai tradizionali sistemi in immersione, al lavaggio a vapore, ai getti a bassa ed alta pressione, lavatrici automatiche ed integrate, sistemi ad ultrasuoni e megasuoni.

Nel caso in cui nelle soluzioni acquose siano presenti sostanze schiumogene occorre evitare il ricorso a sistemi di agitazione. Generalmente le soluzioni non ioniche sono preferite nei sistemi spray, ad agitazione o ad ultrasuoni in quanto producono meno schiuma; anche le soluzioni a bassa alcalinità, riducendo la saponificazione, danno origine ad una minore produzione di schiuma nel caso in cui i contaminanti siano grassi (in questo caso soluzioni ad elevata alcalinità permettono inoltre di ottenere una più lunga vita del bagno di lavaggio).

Come succede per tutte le soluzioni acquose può essere necessario una fase di risciacquo, ciò è vero soprattutto allorquando si utilizzino soluzioni ioniche (come le soluzioni basiche). Il risciacquo è necessario

anche nel caso siano presenti nella soluzione acquosa inibitori di corrosione[4] (utili per evitare corrosione e altri effetti negativi su metalli e altri materiali) che, se rimangono sul pezzo, possono interferire con i trattamenti successivi di verniciatura o placcatura.

Al fine di evitare ossidazione o corrosione dei metalli in alcuni casi sarà necessario disporre di un sistema di essiccamento: i sistemi più comuni sono quelli ad aria forzata, a infrarossi e a rotazione centrifuga.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Le soluzioni acquose non sono dannose per lo strato di ozono né contengono COV.

La maggior parte delle soluzioni acquose non è considerata sostanza pericolosa né, una volta esausta, rifiuto pericoloso. In particolare l'utilizzo di acqua pura non prevede il consumo di alcuna sostanza pericolosa e non dà luogo ad emissioni atmosferiche (se non vapore acqueo). Gli acidi e gli alcali impiegati rispettivamente per la composizione delle soluzioni acquose acide e basiche sono invece sostanze corrosive ed irritanti (una volta prodotta la soluzione diluita la pericolosità è drasticamente ridotta); occorre seguire idonei accorgimenti di manipolazione di acidi ed alcali concentrati e ricorrere a dispositivi atti ad impedirne il contatto con epidermide, occhi e vie respiratorie. La miscelazione di acqua o di una soluzione acquosa diluita e acido è un'operazione da effettuare con estrema cautela in quanto innesca una reazione che può essere fortemente esotermica ed esplosiva. Una ulteriore preoccupazione in tema di sicurezza è legata al possibile contatto degli operatori con soluzioni acquose ad alta temperatura. Sarà inoltre opportuno prendere le dovute precauzioni in tema di pericolo di folgorazione per il contatto tra soluzione e prese e linee elettriche. Le soluzioni acquose non sono invece infiammabili.

In molti casi, previa depurazione, è possibile gestire la soluzione esausta come scarico idrico invece che come rifiuto; molti componenti inorganici delle soluzioni acquose sono infatti poco o per nulla tossici; per quanto riguarda i tensioattivi, essi devono essere biodegradabili per legge per l'80 – 90%. Nella scelta dei componenti per la formulazione della soluzione acquosa sarebbe inoltre opportuno evitare di ricorrere a prodotti dannosi per l'ambiente acquatico quali ad esempio fenoli etossilati. Nel caso di scarichi liquidi derivanti da soluzioni acquose acide o basiche esauste può essere necessario un aggiustamento del pH prima dello scarico; la presenza di agenti chelanti può rendere difficoltosa la rimozione di metalli in soluzione.

Le soluzioni acquose usate possono essere, in molti casi, depurate e riutilizzate, evitando così la generazione di scarichi liquidi e minimizzando il quantitativo di rifiuti (consistenti nelle sole contaminazioni rimosse ed

[4] Gli agenti inibitori più comuni sono costituiti da silicati o cromati.

allontanate dalla soluzione). Alcune soluzioni alcaline permettono una buona separazione tra fase acquosa e fase oleosa (contaminante), in questo caso è particolarmente consigliato e conveniente il riutilizzo della fase acquosa una volta separata.

La presenza di un sistema chiuso di riciclo è in grado di ridurre sia i consumi idrici che il flusso di scarico liquido.

I sistemi di essiccamento associati alle soluzioni acquose (necessari in alcuni casi per evitare fenomeni di corrosione dei metalli lavati) possono influire significativamente sui consumi energetici. L'utilizzo di soluzioni acquose ad alte temperature può consentire un riscaldamento del pezzo ad un punto tale da permetterne una essiccazione adeguatamente veloce senza l'ausilio di appositi sistemi; in questi casi comunque il consumo energetico non si evita ma si associa alla fase di lavaggio durante la quale avviene il riscaldamento.

Aspetti economici

La maggior parte dei sistemi di lavaggio a solvente può essere convertita piuttosto semplicemente (ovvero senza costi aggiuntivi) all'uso di soluzioni acquose; va valutata la convenienza di riutilizzare l'attrezzatura in dotazione in caso di presenza di elementi sensibili alla corrosione.

Le soluzioni acquose normalmente non sono veloci ed efficienti come alcuni solventi e ciò si riflette sul livello di produttività. I sistemi che fanno uso di soluzioni acquose di solito necessitano inoltre di più spazio rispetto a quelli a solvente.

Un altro costo legato alle soluzioni acquose deriva, infine, dalla necessità di essiccamento di alcuni metalli finalizzata a prevenire ossidazione o corrosione (indispensabile in alcuni casi anche in presenza di appositi inibitori di corrosione).

A queste voci vanno però contrapposti i risparmi che si ottengono in termini di smaltimento rifiuti e di miglioramento delle condizioni dell'ambiente di lavoro.

Esempi applicativi

Fonte: Small Business Waste Reduction Case Studies (EPA)

http://www.uwex.edu/ces/ag/sus/sbdc/pdftocdt/S4_11_3.pdf

Dati aziendali: Briggs & Stratton; Milwaukee, Wisconsin

Attività: costruzione di piccoli motori

Innovazione tecnologica adottata

L'azienda ha deciso di sostituire il solventi clorati utilizzati per la pulizia con una soluzione acquosa.

Motivi dell'innovazione

Due sono i principali motivi che hanno spinto l'azienda a sostituire i solventi clorati con soluzioni acquose:

- L'utilizzo di un solvente clorato crea preoccupazioni relativamente alle responsabilità per la salute dei lavoratori e il rispetto della regolamentazione in campo ambientale;
- I costi per lo stoccaggio, il trasporto e lo smaltimento del solvente esausto sono elevati.

Aspetti tecnici dell'innovazione

Precedentemente il processo di pulizia avveniva attraverso l'utilizzo di una macchina sgrassatrice a vapore funzionante con tricloroetilene e 1,1,1 – tricloroetano. Attualmente l'azienda ha sostituito i due solventi con una soluzione acquosa detergente in cui è presente un inibitore di corrosione. La sostituzione ha reso necessaria l'istallazione di un sistema di essiccamento ad aria e la modifica dell'unità di riscaldamento. I residui oleosi sono separati dalle acque di scarto e riutilizzati come combustibile.

Vantaggi economici ed operativi

L'eliminazione dei costi relativi al riciclaggio dei solventi e al loro smaltimento, allo smaltimento di oli e frammenti metallici contaminati dai solventi clorati, all'eliminazione delle emissioni diffuse ha permesso all'azienda di recuperare l'investimento ($ 10000) in tre mesi.

I benefici per la sicurezza dei lavoratori sono stati inoltre notevoli: il tricloroetilene è infatti sospettato di essere cancerogeno, è tossico per ingestione e inalazione e irritante per occhi e pelle, un'esposizione prolungata può inoltre danneggiare il fegato e altri organi. Anche l'1,1,1 – tricloroetano è sospettato di cancerogenicità, è irritante per la pelle e gli occhi e moderatamente tossico per ingestione o inalazione.

4.3 TECNICHE A MINORE IMPATTO PER LA PULIZIA/SGRASSAGGIO E SVERNICIATURA DEI METALLI

4.3.1 Pulizia per immersione

Campo di applicazione

La pulizia per immersione è utilizzata per rimuovere contaminanti liquidi e solidi purché solubili nel bagno di immersione.

Descrizione del funzionamento

La pulizia in immersione può essere considerata tra le tecniche più semplici concettualmente e più tradizionali. Essa consiste in una vasca contenente una soluzione (bagno) a temperatura ambiente la cui natura chimica può essere alquanto varia nella quale sono immersi i pezzi da trattare. La scelta della soluzione è funzione del tipo di contaminante che si vuole rimuovere, il processo si basa infatti sul potere solvente del bagno d'immersione. Il processo può essere gestito con o senza l'ausilio di automatismi. Tra i sistema di pulizia ad umido è il meno aggressivo, non è però raccomandato come processo di lavaggio per livelli di pulizia molto elevati di cui è sovente, però, fase preliminare. Esistono peraltro sistemi di pulizia ad immersione più complessi che raggiungono standard di efficienza maggiore attraverso l'integrazione di sistemi di agitazione e/o riscaldamento il cui scopo è migliorare il potere solvente della soluzione; quelli più frequentemente utilizzati a tale scopo sono gli ultrasuoni, megasuoni, spray in immersione o diffusori sommersi. Gli elementi di riscaldamento possono essere sommersi o esterni alla vasca.

La natura del bagno di immersione può essere alquanto varia a seconda del tipo di contaminante da dissolvere, si spazia quindi dall'acqua pura alle soluzioni acquose (acide, basiche, etc.), semi acquose fino alle miscele di solventi.

Tra i limiti di questo sistema ricordiamo che il liquido del bagno tende a sporcarsi molto velocemente, in particolare in presenza di elevati carichi di contaminante, per questo sistemi di separazione e filtrazione potranno essere utili. Uno stadio di prelavaggio allunga la vita del bagno di immersione. Nel caso siano utilizzate soluzioni acquose o semi acquose contenenti detergenti in vasche con sistemi di agitazione sarà opportuno provvedere ad aggiungere nel bagno additivi anti schiuma.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Gli impatti ambientali legati a questa tecnologia dipendono da tre fattori e cioè:

- natura chimica della soluzione solvente utilizzata;
- presenza di sistemi di riscaldamento e/o agitazione del bagno di immersione;
- sistema di depurazione e riutilizzo della soluzione solvente.

La tipologia di soluzione solvente influenza:

- la natura e la pericolosità delle emissioni atmosferiche convogliate e diffuse;
- la pericolosità dei rifiuti prodotti;
- la necessità e la tipologia degli appropriati sistemi di aspirazione e abbattimento;
- i requisiti di prevenzione antincendio e delle emergenze e di salubrità degli ambienti di lavoro;
- i consumi idrici;
- la necessità di un sistema di essiccamento;
- la necessità di trattamenti per lo scarico dei reflui in fognatura;
- i requisiti dei trasportatori e smaltitori di rifiuti.

La presenza di sistemi integrati di riscaldamento e/o agitazione possono influenzare significativamente i consumi energetici. Inoltre la presenza di tali sistemi, aumentando significativamente l'efficienza del processo, è in grado di permettere, sovente, la sostituzione di miscele di solventi con soluzioni semi acquose o acquose.

Dalla presenza di un sistema di depurazione della soluzione contaminata e di riutilizzo della stessa dipende:

- la quantità di rifiuti prodotti;
- il consumo di materia prima (solventi, acqua, acidi, additivi, alcali, etc.).

I requisiti di sicurezza a cui l'azienda deve ottemperare dipendono dalla natura e dalla pericolosità della soluzione che costituisce il bagno di immersione.

Fornitori

Tecnofirma S.p.A.
viale Elvezia, 35 - 20052 Monza - Milano
Tel: 039.23601 r.a. **Fax:** 039.324283
Home page: tecnofirma.com

DBM Tecnologie S.R.L.
Via della Ricerca 1
31032 Casale Sul Sile (Treviso) ITALY
Tel. 0422/827110 r.a. - Fax 0422/827084
e-mail: dbmcom@tin.it

4.3.2 Macchine lavatrici automatiche

Campo di applicazione

Le macchine lavatrici automatiche sono utilizzate per rimuovere oli e detriti dai pezzi da trattare.

Descrizione del funzionamento

Una valida alternativa alla pulizia per immersione è l'utilizzo di macchine lavatrici automatiche. Olio e detrito sono rimossi dai pezzi nel passaggio lungo una serie di camere nelle quali sono spruzzate soluzioni pulenti e risciacquanti a differenti concentrazioni. Questo tipo di tecnologia è facile da istallare e gestire, non necessità di particolari capacità né di molta attenzione da parte dell'operatore e raggiunge standard elevati di pulizia soprattutto in presenza di un alto grado di automatismo. La forza del getto, i lavaggi ripetuti, un maggior contatto con il pezzo da trattare permettono infatti di migliorarne l'efficienza rispetto a sistemi convenzionali utilizzando soluzioni acquose o semi acquose in sostituzione all'uso di solventi organici. Nell'ultimo comparto può essere presente un sistema di essiccazione necessario ad asciugare i pezzi trattati con soluzioni acquose. Le diverse soluzioni per la pulizia possono essere raccolte, in modo differenziato, in serbatoi separatori dove avviene la depurazione dei liquidi contaminati (es. filtrazione, disoleatura). Esiste la possibilità di personalizzare, a secondo delle esigenze dell'azienda, i dispositivi a servizio della tecnologia quali filtri, separatori olio-acqua, ispessitori di fango. La soluzione può essere così riutilizzata più volte salvo operazioni di rabbocco necessarie a compensare piccole perdite dovute ad evaporazione o separazione. L'efficienza di pulizia può essere comparata a quella di uno sgrassatore a vapore o ai convenzionali sistemi di pulizia con soluzioni acquose (pulizia manuale con soluzione acquosa o in bottali con soluzioni alcaline). Come in tutti i processi in cui avviene un'essiccazione possono formarsi macchie e/o aloni se il risciacquo non è stato adeguato.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Se, come è stato detto nel paragrafo precedente, l'efficienza di pulizia di questo tipo di tecnologia è comparabile a sistemi convenzionali, l'elevato grado di automatismo, sia nella fase di lavaggio che di depurazione e riutilizzo delle soluzioni, permette invece notevoli vantaggi ambientali ed economici. L'utilizzo di soluzioni acquose o semi acquose in sostituzione di sostanze classificate come pericolose (molti solventi sono infiammabili, cancerogeni, etc.):

- riduce i requisiti a cui ottemperare relativi a prevenzione di incendi e altre emergenze e alla salubrità degli ambienti di lavoro;
- riduce i requisiti richiesti a trasportatori e smaltitori di rifiuti;
- riduce la quantità di rifiuti pericolosi prodotti;
- può comportare un aumento di consumi idrici;
- può comportare il trattamento dei reflui prima della immissione in rete fognaria qualora vengano gestiti come scarichi idrici

La presenza di sistemi di depurazione e riutilizzo riduce fortemente il consumo di prodotti chimici (acqua, acidi o basi, additivi, etc.), di rifiuti e acque di scarico. In particolare la quantità di soluzioni-rifiuto sono molto basse se comparate a sistemi di pulizia tradizionali. Alcune nuove macchine non producono soluzioni di scarto, in questo caso sarà solo necessario aggiungere acqua per rimpiazzare quella evaporata nell'essiccatore. Da un punto di vista energetico la fase di essiccazione è quella maggiormente energivora.
Le maggiori preoccupazioni relative alla sicurezza dei lavoratori, trattandosi di soluzioni acquose o emulsioni, saranno incentrate sulla presenza di sostanze pericolose organiche (additivi, solventi nel caso di soluzioni semi acquose, etc.) e inorganiche (acidi, basi).

Fornitori

Tecnofirma S.p.A.
viale Elvezia, 35 - 20052 Monza - Milano
Tel: 039.23601 r.a. Fax: 039.324283
Home page: tecnofirma.com

4.3.3 Macchine lavatrici integrate

Campo di applicazione

Questo tipo di tecnologia può utilizzare sia soluzioni acquose o semi acquose che solventi. Nel primo caso si potranno lavare con un'ottima efficienza pezzi che normalmente sarebbero trattati in vaporizzatori, bottali alcaline o attraverso pulizia manuale con utilizzo di miscele acquose. L'elevata pressione dei getti d'acqua (fino a 12 atm) e l'elevata temperatura (fino a 115 °C) permettono di rimuovere oli, grasso, incrostazioni in tempi variabili tra 1 e 30 minuti. Questo tipo di tecnologia è sicura, previa scelta opportuna del detergente, per metalli, plastiche, etc. Può essere inoltre utilizzata per la rimozione di trucioli e sbavature di pezzi metallici.

Per quanto riguarda il secondo caso all'aggressione fisica (getti a pressione, ultrasuoni, megasuoni, etc.) sono aggiunte le potenzialità di attacco chimico dei solventi, le applicazioni sono quindi innumerevoli e dipendono dalla miscela di solvente utilizzato e dalle singole tecnologie integrate (es. ultrasuoni, getti ad alta pressione, etc.).

Una fase delicata è rappresentata dal disseccamento dei pezzi durante il quale possono formarsi macchie se la risciacquatura non viene effettuata correttamente o se la soluzione di risciacquo contiene un'elevata concentrazione di solidi sospesi.

Un limite tipico di questa tecnologia è che alcune parti come i sensori elettronici possono essere danneggiati per le forti pressioni e le alte temperature. La dimensione del pezzo da trattare è il principale vincolo da prendere in considerazione.

Altri vantaggi legati a questa tecnologia sono:

- maggiore efficienza di pulizia rispetto a sistemi di pulizia manuali;
- tempo di lavaggio ridotto;
- fase di pulizia, risciacquo ed essiccamento nella stessa unità, necessitano quindi di meno spazio rispetto a macchinari progettati per eseguire gli stessi processi in linea;
- disponibilità di macchine lavatrici integrate portatili.

Descrizione del funzionamento

Con questo termine generico si intende un vasto gruppo di macchine per la pulizia contenute in un'unica unità. La tenuta ermetica della camera di processo assicura, insieme a dispositivi di allontanamento dei vapori, l'assenza di emissioni diffuse e standard di sicurezza adeguati che permettono l'utilizzo di solventi infiammabili. Comprendono tecniche di lavaggio automatizzato in umido come l'immersione, l'uso di vapore, getti in pressione, ultrasuoni, ecc. Queste varie tecniche possono essere applicate singolarmente o attraverso tecnologie complesse che le integrano assieme massimizzandone l'efficienza. Le macchine sono munite generalmente di cestelli rotanti che confinano e trattengono i pezzi. Le varie operazioni, dal lavaggio iniziale al risciacquo all'asciugatura, sono eseguite generalmente in un unico ciclo e nello stesso contenitore.

Il sistema di depurazione/recupero del solvente permette di mantenere il massimo grado di purezza del liquido di lavaggio a contatto con la superficie dei pezzi. Il sistema è comunemente costituito da: un separatore d'acqua (per rimuovere l'umidità presente sui pezzi o introdotta con aria esterna ad ogni apertura del portello di carico); filtro (per la separazione dei contaminanti solidi); distillatore (per la separazione dei contaminanti solubili dalla soluzione solvente).

Tali macchine possono essere personalizzate ed adattate allo specifico utilizzo in funzione del numero e delle dimensioni dei pezzi da trattare e, se integrate, possono richiedere un ingombro inferiore rispetto agli equivalenti sistemi funzionanti in serie, pur mantenendo dei costi di investimento comparabili.
Queste apparecchiature sono concepite per lavorare con diversi tipi di prodotti lavanti, in funzione della natura dei pezzi e dei contaminanti da rimuovere quali: acqua, soluzioni acquose neutre, acide o alcaline, lattato di etile, acetone, distillati del petrolio, e altri chetoni, esteri, eteri, etc.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

L'impatto ambientale e quello sulla salubrità degli ambienti di lavoro e la salute degli operatori delle macchine lavatrici integrate dipende quasi esclusivamente dalla soluzione solvente utilizzata: soluzioni acquose, semiacquose o solventi. Nei primi due casi l'utilizzo di solventi è nullo o comunque ridotto al minimo, inoltre la presenza di un sistema di depurazione/riutilizzo permette di diminuire significativamente anche consumi idrici e scarichi/rifiuti. Gli impatti relativi a questi due primi casi possono essere assimilati a quelli visti per le macchine lavatrici automatiche nel precedente paragrafo.
Nel terzo caso l'impatto relativo al consumo di sostanze pericolose per la salute e l'ambiente è mitigato da due fattori:

- la mancanza di emissioni diffuse dalla lavatrice elimina pressocchè totalmente (le uniche emissioni si hanno con l'apertura del portello per il carico e l'estrazione dei pezzi) una fonte importante di inquinamento dal luogo di lavoro
- la presenza di un sistema di depurazione/riutilizzo dei solventi ne permette il recupero al 90% con una conseguente riduzione significativa dei consumi di sostanze pericolose e di produzione di rifiuti.

Il consumo energetico delle lavatrici integrate varia dipendentemente dalla presenza di sistemi integrati di lavaggio (getti ad alta pressione, megasuoni, etc.) e dalla presenza dell'essiccatore.

Esempi applicativi

Fonte: Metal cleaning and finishing. N. 31, Settembre 2002

Dati aziendali

Attività: azienda produttrice di accessori per pelletteria sita in provincia di Vicenza

Trattamento: lavaggio di fibbie e componenti vari in ottone e zama per rimozione di aloni d'acqua derivanti da precedente trattamento galvanico prima della spedizione/imballaggio.

Innovazione tecnologica adottata

L'azienda, per il lavaggio di fibbie e componenti in ottone e zama ha acquistato una lavatrice automatica integrata funzionante con soluzione acquosa e dotata di sistema ad ultrasuoni, soffiatura ad alta pressione e asciugatura.

Motivi dell'innovazione

L'impianto precedente era costituito da un sistema manuale che permetteva l'asciugatura dei pezzi tramite vapori di solvente HCFC 141 B. Il sistema presentava vari difetti:

- sempre più scarsa reperibilità del prodotto considerato dannoso per lo strato di ozono
- scarsa produttività
- elevati costi di gestione dovuti ai consumi energetici, al continuo reintegro del prodotto difficilmente riciclabile, alla costante necessaria presenza di personale specializzato in tutte le fasi del processo.

Aspetti tecnici dell'innovazione

Il sistema è completamente automatico; una volta riempito il telaio con i pezzi da lavare questo è movimentato da un trasportatore lungo tutte le sezioni dell'impianto. Diversi sono i programmi di lavaggio disponibili e memorizzabili a secondo delle esigenze, sono inoltre in grado di riprendere il ciclo dal punto esatto in cui eventualmente si fermassero (es. per mancanza di tensione o fermate accidentali). La gestione automatica del processo permette un aumento di produttività (8 – 12 telai/h) e non necessita di un'assidua presenza di personale. L'impianto è costituito da:

- carico;
- prelavaggio con soluzione calda con ultrasuoni e agitazione;
- recupero;
- doppio risciacquo in cascata in acqua demineralizzata;
- soffiatura ad alta pressione;
- asciugatura ad aria calda;
- scarico.

La vasca ad ultrasuoni è caratterizzata da coperchio insonorizzato con materiale fonoassorbente, collare di aspirazione per evitare fuoriuscite di fumi e vapori, elettroaspiratore per il convogliamento dei vapori all'esterno. La struttura interna della vasca è isolata termicamente in modo da evitare dispersioni di calore. Il generatore di ultrasuoni è dotato di sistema automatico di modulazione di frequenza ottimizzando il rendimento di conversione e riducendo al minimo la rumorosità. Filtri e schermature impediscono ogni interferenza con frequenze radiotelevisive.

Il modulo di risciacquo a due stadi permette più trattamenti in un'unica sezione con un consumo di acqua minore; nel primo stadio è a spruzzo, nel secondo si ha il riscaldamento dell'acqua e applicazione di ultrasuoni.

Il demineralizzatore permette di poi di ottimizzare la qualità dell'acqua per il risciacquo finale.

La sezione di soffiatura e il forno di asciugatura permettono infine l'asciugatura dei pezzi trattati grazie ad un ricircolo di aria calda in pressione, il sistema, a parità di tempi di asciugatura, permette risparmi energetici.

Vantaggi ottenuti

L'utilizzo di acqua nelle varie fasi di trattamento combinato all'utilizzo di aria calda per l'asciugatura ha garantito vantaggi economici grazie all'abbattimento dei costi di gestione, maggiore produttività (grazie all'elevato livello di automatismo) e salubrità dell'ambiente di lavoro.

Fornitori di tecnologia e impianti per lavatrici automatiche e/o integrate

Tecnofirma S.p.A.
viale Elvezia, 35 - 20052 Monza - Milano
Tel: 039.23601 r.a. Fax: 039.324283

Fismet Industriale s.r.l.
Via Darwin angolo Via Newton 20019 Settimo Milanese (MI)
Tel.: 02.33.50.32.47 - Fax: 02.33.50.32.51 - e-mail: info@fismet.com

Dollmar & C. S.P.A.
Via B. Buozzi, 2
20090 Caleppio di Settala (Milano)
tel. 02 9509611 ; Fax. 02 95307034
info@dollmar.com

Bonfiglio S.R.L.
Via Ugo Foscolo 11 - 20060 Basiano (MI)
Tel ++39 02 95761198 – 95763161; Fax ++39 02 95761811

Aster S.R.L.
via Reisina, 13
10070 Mappano di Caselle (TO) - ITALY
Informazioni: aster@asterwash.it
Tel. 011.996.82.51 - 011.996.83.19; Fax 011.996.82.67
Panatronix
20020 LAINATE (MI) - via Milano, 8
tel. 02/93799445 - 02/93799446 - 02/93798031 - fax 02/93798038
T.F. S.R.L.
20048 Carate Brianza (MI) - 46/a, v. della Valle
tel: 0362 804096, 0362 804105 - fax: 0362 800844

4.3.4 Lavaggio con ultrasuoni

Campo di applicazione

I sistemi ad ultrasuoni permettono standard molto elevati di pulizia e una significativa riduzione dei tempi. Sono utilizzati per rimuovere particelle molto piccole così come grasso, oli e altri contaminanti anche da oggetti a geometria molto particolare, fessure e fori.

Possono essere applicati su praticamente tutti i materiali come ceramica, alluminio, plastica, vetro, parti elettroniche, etc. La natura dei bagni di immersioni nei quali sono posti i pezzi sottoposti a trattamento ultrasuoni è alquanto ampia comprendendo: acqua, soluzioni acquose neutre, acide e basiche, emulsioni e miscele solventi. La velocità del processo è regolabile, le vasche possono essere dimensionate per contenere parti di dimensioni diverse.

La posizione e il numero delle unità radianti è una variabile critica, dipende in larga parte dalla dimensione, dal numero e dalla configurazione dei pezzi oltre che dalla dimensione della vasca. È preferibile allocare tali unità sulle pareti laterali della vasca, possibilmente contrapposte per ottimizzare il lavaggio.

I sistemi ad ultrasuoni sono utilizzati sovente in sistemi di pulizia integrati, caratterizzati dalla presenza di più sistemi di pulizia (immersione, spray, etc.) o anche congiuntamente al risciacquo come trattamento finale.

La pulizia avviene solo laddove il liquido raggiunge il pezzo da trattare, posizione, dimensioni e forma del pezzo influenzano quindi l'efficienza del processo. Sebbene infatti questa tecnologia offra ottimi risultati nella pulizia di fori e fessure, qualora questi non siano raggiunti dal liquido detergente (per esempio perché l'apertura del foro è schiacciata alla base della vasca) l'azione pulente sarà nulla. Un altro problema che si può presentare è che le onde sonore non riescano a raggiungere, perché schermate o attutite, il pezzo. Per questo

motivo nel caso in cui sia necessario trattare grossi volumi di pezzi di limitate dimensioni sarebbe opportuno farlo poco per volta con brevi cicli, infatti in questi casi le onde sonore potrebbero essere fermate dai primi strati di pezzi con la conseguente non omogeneità del grado di pulizia dell'intero lotto. La tendenza di oli densi e grassi di assorbire l'energia ultrasonica può limitare la loro rimozione.

Questa tecnologia può causare erosione dei materiali, si possono inoltre verificare danni generati da fenomeni di risonanza su parti particolarmente fragili. L'erosione dipende da diversi fattori: temperatura del bagno, tipo di solvente, durezza del materiale, finitura della superficie, tempo del trattamento ad ultrasuoni. Altri limiti che possono essere incontrati con l'utilizzo di questa tecnologia sono accennati nel seguente elenco:

- l'energia associata agli ultrasuoni provoca un innalzamento della temperatura della soluzione detergente per cui sono necessari termostati e sistemi di raffreddamento per mantenere la temperatura in un intervallo definito. La temperatura infatti non dovrebbe avvicinarsi troppo al punto di ebollizione del liquido detergente, pena una riduzione dell'efficienza di cavitazione;
- È necessario testare le diverse combinazioni di concentrazione della soluzione e frequenza ultrasonica al fine di ottenere quella maggiormente efficiente;
- Per quanto riguarda i componenti elettronici è preferibile utilizzare frequenze più alte (40 kHz) per una pulizia più delicata e meno impattante.
- Nel caso siano aggiunti additivi chimici (in particolare tensioattivi) è necessario sia predisposto un sistema per la limitazione e il controllo della produzione di schiuma

Descrizione del funzionamento

La pulizia mediante ultrasuoni sfrutta l'energia generata da onde sonore (20 - 40 kHz) che creano bolle di cavitazione all'interno di un liquido. In corrispondenza delle zone di depressione la temperatura di ebollizione si riduce dando origine a migliaia di microscopiche bollicine di vapore che continuano a gonfiarsi fino a raggiungere dimensioni visibili (dell'ordine del millimetro). La vibrazione e il collasso di tali bolle, determinata dal fatto che la pressione interna è minore di quella del liquido, produce un'energica azione meccanica nelle immediate vicinanze (700 atm di pressione e temperature di circa 11000 °C) che risulta efficace per la rimozione di gran parte dei contaminanti possibili. Questo fenomeno, detto "cavitazione" dura qualche milionesimo di secondo e si ripete in continuo, esso è maggiore nei punti in cui si vengono a creare delle discontinuità (liquido-oggetto, liquido-aria). Intorno all'oggetto da lavare, circondato da migliaia di bollicine, si crea così una zona di cavitazione molto intensa. L'implosione delle bollicine esercita un martellamento a livello

quasi molecolare che rimuove ogni impurità anche se trattenuta in fori o porosità della superficie.
Un sistema ad ultrasuoni si compone di: una vasca, un generatore di ultrasuoni e un liquido detergente (acquoso o a base di solvente), cui possono essere aggiunti particolari additivi per aumentare il potere pulente. Per ogni soluzione/solvente impiegato esiste una temperatura operativa ottimale; le soluzioni acquose danno buone prestazioni nell'intervallo di 50-60 °C.
Per generare nel liquido le vibrazioni ultrasoniche si usano delle unità radianti ermetiche, immerse nel liquido, contenenti dei trasduttori elettro-acustici che trasformano in vibrazioni acustiche, cioè meccaniche, le onde elettriche prodotte da un generatore ad alta frequenza. I migliori impianti a ultrasuoni possono essere forniti, a scelta, con due frequenze di funzionamento: 23-25 kHz oppure 40 kHz. La potenza specifica (Watt/litro) di un impianto funzionante a 40 kHz è maggiore del 20-30% rispetto ad un impianto funzionante a 23 kHz.
Nei moderni impianti ad ultrasuoni i generatori sono dotati di una modulazione sinusoidale. Con tale accorgimento si sono notate rese di lavaggio uguali ad un impianto ad ultrasuoni non modulato di potenza quattro volte maggiore. Notevole è quindi il risparmio energetico.
A seconda delle esigenze, cioè del grado di inquinamento dei pezzi e del tempo di lavaggio richiesto, occorrono da 3 a 30 W per litro di liquido.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

L'efficienza e la velocità del processo di pulizia con ultrasuoni permette di utilizzare soluzioni acquose o semiacquose eliminando quindi la necessità di ricorrere a solventi. I maggiori impatti ambientali dipendono quindi dalla natura del bagno di immersione e dalla presenza di un sistema di depurazione e riutilizzo che riduca i consumi idrici e i quantitativi di reflui prodotti.
Gli impatti ambientali legati a questa tecnologia dipendono da due fattori e cioè:

1. natura chimica della soluzione solvente utilizzata;
2. sistema di depurazione e riutilizzo della soluzione solvente.

La tipologia di soluzione solvente influenza:

- la natura e la pericolosità delle emissioni atmosferiche convogliate e diffuse;
- la pericolosità dei rifiuti prodotti;
- la necessità e la tipologia degli appropriati sistemi di aspirazione e abbattimento;
- i requisiti di prevenzione antincendio e delle emergenze e di salubrità degli ambienti di lavoro;

- i consumi idrici (nel caso siano utilizzate soluzioni acquose o semi acquose);
- la necessità di un sistema di essiccamento;
- la necessità di trattamenti per lo scarico dei reflui in fognatura;
- i requisiti dei trasportatori e smaltitori di rifiuti.

È possibile che nelle acque reflue siano presenti metalli derivati da erosione delle superfici trattate nel processo, occorre analizzare i reflui prima di smaltirli in modo da indirizzarli al miglior trattamento.

Dalla presenza di un sistema di depurazione della soluzione contaminata e di riutilizzo della stessa dipende:

- la quantità di rifiuti prodotti;
- il consumo di materia prima (solventi, acqua, acidi, additivi, alcali, etc.).

I consumi energetici legati a questa tecnologia possono essere significativi, dipendono da diversi fattori tra cui: dimensioni, tipo di trasduttore, grado di pulizia richiesto, presenza di sistema di essiccamento, etc.

I requisiti di sicurezza a cui l'azienda deve ottemperare dipendono in larga misura dalla natura e dalla pericolosità della soluzione che costituisce il bagno di immersione.

A questo si aggiunge il rumore, maggiore al decrescere delle frequenze, provocato da risonanze e subarmoniche della vasca di lavaggio. Esistono diversi accorgimenti costruttivi in grado di ridurre rumore e vibrazioni:

- costruzione delle pareti interne in acciaio inossidabile;
- coibentazione termoacustica, sulle pareti e sul fondo della vasca, con pannelli di poliuretano espanso ad alta densità;
- costruzione delle pareti esterne e del bordo della vasca con pannelli di un materiale plastico (polipropilene, PVC);
- assenza, all'esterno della vasca, di parti metalliche collegate alle pareti interne della vasca.

Poiché il rumore potrebbe essere elevato sarebbe necessario effettuare le dovute analisi al fine di dotarsi degli opportuni accorgimenti per la sicurezza dei lavoratori.

Gli ultrasuoni a contatto con la pelle sono dannosi**.**

Fornitori di tecnologia e impianti ad ultrasuoni

Tecnofirma S.p.A.
viale Elvezia, 35 - 20052 Monza - Milano
Tel: 039.23601 r.a. **Fax:** 039.324283
Home page: tecnofirma.com
Fismet Industriale s.r.l.
Via Darwin angolo Via Newton 20019 Settimo Milanese (MI)
Tel.: 02.33.50.32.47 - Fax: 02.33.50.32.51 - e-mail: info@fismet.com
Ultrasuoni Industrial Engineering S.A.S.
Milano, via Lipari 6.
Tel. 02463808 - 0248022846 Fax. 02.48022846
Home page: www.ultrasuonimacchine.com
Dollmar & C. S.P.A.
Via B. Buozzi, 2
20090 Caleppio di Settala (Milano)
tel. 02 9509611 ; Fax. 02 95307034
info@dollmar.com
Panatronix
20020 LAINATE (MI) - via Milano, 8
tel. 02/93799445 - 02/93799446 - 02/93798031 - fax 02/93798038
ULTRASUONI I.E.
Sede - Direzione - Uffici Tecnico-Comm.li : Via Lipari, 6 - 20144 MILANO MI
Tel. 02463808-0248022846-360459513 - 3299824315 - Fax. 024.802.2846 Tel+Fax Digitale : 178.229.9511.150
Homepage: www.ultrasuono.org
Miodrag Prokic
M P Interconsulting
Marais 36,
2400 Le Locle,
Switzerland
Tel : +41-32-9314045; Fax : +41-32-9314045
E-mail: mpi@bluewin.ch
home page : http://mpi.powerultrasonics.com/index.html

4.3.5 Pulizia con megasuoni

Campo di applicazione

Il lavaggio attraverso megasuoni è utilizzato per la rimozione di particelle anche con diametro inferiore a 0,3 micron. Il trattamento a megasuoni varia da 10 a 30 minuti dipendentemente dal grado di contaminazione dei pezzi, dal livello di pulizia richiesto, dal tipo di soluzione solvente, etc. Il riscaldamento del bagno migliora

l'efficienza del lavaggio. Diversamente dagli ultrasuoni l'applicazione di megasuoni non implica la generazione del fenomeno della cavitazione in grado di danneggiare, in alcuni casi, i materiali sottoposti a trattamento, questo tipo di lavaggio è quindi indicato per il lavaggio di materiali o pezzi delicati sensibili agli ultrasuoni. L'assenza del fenomeno di cavitazione fa si che il lato dell'oggetto non rivolto verso il trasduttore non sia influenzato dalle onde sonore, l'orientamento dei pezzi rispetto alla sorgente di onde diviene quindi una variabile importante. Altre variabili fondamentali di questo processo sono il tempo di esposizione e la potenza delle onde sonore, all'aumentare di queste si riduce il tasso di rideposizione delle particelle. Il lavaggio a megasuoni è spesso utilizzato anche per migliorare l'efficienza dei detergenti.

Descrizione del funzionamento

L'azione meccanica esercitata da onde sonore ad alta frequenza (700 – 1000 kHz) facilita la rimozione del particolato presente sui pezzi da trattare. Il lavaggio avviene in una vasca nella quale sono immersi i pezzi, il bagno di immersione può essere di varia natura, da acqua pura alle diverse soluzioni acquose e semi acquose fino a miscele solventi. Non avviene il fenomeno della cavitazione, ciò riduce notevolmente la probabilità di danneggiamento delle superfici.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Gli impatti ambientali relativi a questa tecnologia dipendono dalla natura del bagno solvente in cui sono immersi i pezzi.

Gli impatti ambientali legati a questa tecnologia dipendono da due fattori e cioè:

1. natura chimica della soluzione solvente utilizzata;
2. sistema di depurazione e riutilizzo della soluzione solvente.

La tipologia di soluzione solvente influenza:

- la natura e la pericolosità delle emissioni atmosferiche convogliate e diffuse;
- la pericolosità dei rifiuti prodotti;
- la necessità e la tipologia degli appropriati sistemi di aspirazione e abbattimento;
- i requisiti di prevenzione antincendio e delle emergenze e di salubrità degli ambienti di lavoro;
- i consumi idrici (nel caso siano utilizzate soluzioni acquose o semi acquose);
- la necessità di un sistema di essiccamento;
- la necessità di trattamenti per lo scarico dei reflui in fognatura;

- i requisiti dei trasportatori e smaltitori di rifiuti.

Dalla presenza di un sistema di depurazione della soluzione contaminata e di riutilizzo della stessa dipende:

- la quantità di rifiuti prodotti;
- il consumo di materia prima (solventi, acqua, acidi, additivi, alcali, etc.).

I consumi energetici sono influenzati principalmente dal sistema di essiccamento se presente.

Per quanto riguarda la sicurezza possono essere necessari dispositivi di protezione dal rumore.

4.3.6 Processi abrasivi di pulizia

In questo paragrafo verranno trattati i processi meccanici di pulizia, ad umido e a secco, che utilizzano i diversi mezzi abrasivi. Nel primo sottoparagrafo verranno date informazioni di tipo generale pertinenti a questo tipo di processi, successivamente ci si soffermerà su alcuni dei più comuni ed utilizzati mezzi abrasivi.

Campo di applicazione

I processi meccanici di pulizia sono utilizzati per rimuovere ruggine, scorie solide, ossidi superficiali, e per le operazioni di sverniciatura, e sono particolarmente indicati per i trattamenti di ampie superfici (es. sverniciatura di navi, aerei, etc.), non danno invece sempre risultati soddisfacenti nella rimozione di contaminanti liquidi.

Rispetto ai processi a secco quelli ad umido (in cui il veicolo delle particelle abrasive è l'acqua) risultano più adatti alla pulizia di parti meno estese e più delicati. Tali processi risultano efficaci per rimuovere fini bavature di parti di precisione, piccoli segni, scaglie minute, imperfezioni da fresatura e saldatura.

La gamma di mezzi abrasivi è alquanto vasta, la maggior parte dei mezzi abrasivi è insensibile a variazioni di temperatura e umidità. Anche la dimensione del mezzo abrasivo può variare, generalmente per quanto riguarda la sverniciatura mezzi abrasivi di dimensioni maggiori sono preferiti per il trattamento di superfici elastomeriche, mentre quelli di minori dimensioni su strati coprenti più fragili (es. fondi epossidici). Il mezzo abrasivo è riciclabile, il trattamento di materiali o strati coprenti particolarmente duri può ridurre il numero dei trattamenti per i quali è utilizzato.

I processi di stripping meccanico sono più veloci di quelli chimici, sono utilizzati inoltre per trattare materiali soggetti a sensibilità da idrogeno. Uno stripping efficiente necessita di più trattamenti piuttosto che di un continuo attacco in una sola area, operazione quest'ultima che potrebbe causare surriscaldamento e danneggiamento al substrato. La durata del trattamento dipende dalla durezza del rivestimento da asportare e dal suo spessore.

Tra i limiti di queste tecnologie ricordiamo che esse non sono sempre consigliate per il trattamento di parti delicate o per lavori di precisione e che alcuni materiali possono andare incontro ad incrudimento della superficie.
La resistenza alla corrosione dell'acciaio inossidabile e di altri substrati può essere influenzata dall'uso, come mezzo abrasivo, di materiale predisposto alla corrosione.
L'abrasione con mezzo liquido è sconsigliata per il trattamento di leghe caratterizzate da elevati contenuti di titanio o alluminio.
La qualità del risultato finale dipende inoltre dall'esperienza e dall'abilità degli addetti.
Le variabili più importanti da prendere in considerazione che influenzano la praticabilità della pulizia con abrasivi per ogni applicazione sono: pressione, flusso del mezzo abrasivo, distanza dal getto, tipo di sporco da rimuovere, materiali di substrato e loro spessore, selezione del mezzo abrasivo e delle relative dimensioni, dimensioni dell'ugello del flusso, angolo di applicazione del flusso.

Descrizione del funzionamento

I processi di pulizia meccanici si basano sulla capacità di particelle solide veicolate da aria (processi a secco) o acqua (processi ad umido) in pressione di asportare per abrasione contaminanti solidi o strati coprenti.
La gamma di mezzi abrasivi è alquanto vasta comprendendo sfere o aghi metallici, particelle vetrose o plastiche, bicarbonato di sodio, ghiaccio, fiocchi di CO_2, e ancora gusci di noci e arachidi, amido di grano, etc.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Le tecniche di rimozione attraverso pulizia meccanica non fanno uso di solventi né in generale di sostanze pericolose se si escludono alcuni mezzi abrasivi polverulenti che possono essere infiammabili ed esplosivi (es. amido di grano). Questi sistemi possono funzionare a ciclo chiuso, è quindi possibile il riutilizzo del mezzo abrasivo; poiché però esso tende a usurarsi, il riciclo è possibile per un numero di volte (di solito 10-12 volte) che dipenderà dalla durezza del rivestimento da rimuovere e da quella del mezzo stesso. La produzione di rifiuti è quindi di solito alquanto limitata comprendendo il rivestimento o contaminante rimosso e parte del mezzo abrasivo. La pericolosità dei rifiuti dipende da ciò che è stato rimosso. Le emissioni atmosferiche sono caratterizzate dalla presenza di particelle fini che è possibile intrappolare in appositi filtri. Nel caso in cui si faccia uso di sistemi ad umido sistemi di separazione permetteranno il riciclo dell'acqua.

Per quanto riguarda la sicurezza dei lavoratori le maggiori preoccupazioni riguardano la presenza negli ambienti di lavoro di particelle fini sospese che, se respirate, possono provocare danni al sistema respiratorio. Possono essere necessari dispositivi di protezione acustica.

4.3.6.1 Abrasivi Plastici

L'utilizzo di mezzi abrasivi plastici rimpiazza lo stripping chimico e l'utilizzo di sabbia nelle operazioni di sverniciatura e rimozione di contaminanti solidi. Esiste un'ampia varietà di abrasivi plastici ognuna con durezze diverse (da 3 fino a 7 nella scala di Mohs).

Le principali tipologie di abrasivi plastici sono:

- Poliestere;
- Urea formaldeide;
- Melammina;
- Formaldeide;
- Fenolo formaldeide;
- Acrilico;
- Carbonato di glicol-poliallilico.

La possibilità di variare questo parametro permette una rimozione selettiva degli strati di rivestimento, sulla base della durezza dei vari strati e delle particelle utilizzate. Per questo gli abrasivi plastici sono particolarmente indicati per il trattamento di superfici delicate, in alluminio, ottone, rame, acciaio in strato sottile, titanio, fibra di vetro ma anche compositi e plastiche e per tutte le superfici per le quali non è possibile utilizzare lo stripping chimico. La pressione di applicazione varia da 1,4 a 2,7 atm. Non rimuove la corrosione.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Gli abrasivi plastici possono essere riutilizzati più volte (di solito 10-12 volte) prima che si consumino diventando troppo piccoli per essere efficacemente utilizzati. Il recupero avviene attraverso un ciclone separatore, filtrazione dell'aria, setacciatura a vibrazione, e separazione magnetica. I rifiuti sono costituiti da parte del mezzo abrasivo e dalla vernice (o altro contaminante) rimossa, possono essere considerati pericolosi in particolare in presenza di metalli pesanti.

4.3.6.2 Amido di grano

L'amido di grano è simile nell'aspetto agli abrasivi plastici, è però caratterizzato da una minore durezza che lo rende efficace nella rimozione di diverse tipologie di strati (vernici, etc…) da grafite, vibra di vetro, e Kevlar senza rischio di danneggiamento del substrato. La pressione di applicazione è di solito minore a 2,3 atm. La pulizia con questo mezzo è molto controllabile tanto che è possibile rimuovere uno strato alla volta. Migliora l'efficienza con l'uso.

Tra i limiti di questo mezzo ricordiamo che esso non permette tassi di rimozione particolarmente elevati, inoltre piccoli livelli di contaminazione di particelle più dense nel mezzo possono poi ritrovarsi su superfici ruvide del prodotto finito. Il recupero del mezzo abrasivo può necessitare di un sistema complesso.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

L'amido di grano è una risorsa rinnovabile, biodegradabile e non tossica. I rifiuti, stimati intorno al 5% del volume iniziale, possono essere trattati in un bioreattore con produzione di acqua e CO_2. I contaminanti sono rimossi mediante filtrazione (per i residui solidi) mentre i metalli sono estratti tramite resine a scambio ionico.

Per quanto riguarda la sicurezza è da notare che le polveri di amido di grano sono infiammabili ed esplosive, sarà quindi necessario ottemperare a tutti i requisiti richiesti in materia di prevenzione incendi.

4.3.6.3 Schiume abrasive

Esiste la possibilità di utilizzare come mezzo abrasivo schiume mischiate a sabbia o altro materiale abrasivo. La schiuma uretanica a base d'acqua è utilizzata per rimuovere contaminanti, vernice, strati protettivi e ruggine. È anche utilizzata per irruvidire metalli e cemento. Il materiale abrasivo ad essa mischiato include ossidi di alluminio, acciaio, plastica e granato.

L'equipaggiamento consiste in due moduli trasportabili: l'unità di alimentazione della schiuma e quella di depurazione. Nella prima la schiuma è mischiata all'aria compressa che permette la propulsione. Variando la pressione e il tipo di schiuma è possibile regolare la forza abrasiva, ciò permette di rimuovere dalla fuliggine delle carte da parati agli strati ad alta protezione su cemento o acciaio.

L'unità di depurazione serve a dividere dal mezzo abrasivo sia detriti di maggiori dimensioni che i residui polverulenti. La depurazione avviene grazie ad una serie di setacci automatici vibranti che dividono il mezzo abrasivo (che può essere immesso nell'unità di alimentazione e riutilizzato) e i diversi detriti (polvere di

ruggine, vernice, etc.) che sono collocati in un contenitore per i rifiuti. Le schiume normalmente possono essere riutilizzate da 6 a 12 volte.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Per quanto riguarda l'impatto ambientale e quello relativo alla sicurezza è da notare che si tratta di un mezzo abrasivo più salubre di altri in grado di ridurre la generazione di polvere.

4.3.6.4 Bicarbonato di sodio

L'utilizzo di bicarbonato di sodio è alternativo allo stripping chimico. È caratterizzato da un peso specifico maggiore rispetto alla maggior parte degli abrasivi plastici ma anche da una minore durezza. Può essere utilizzato sia in sistemi ad umido (più frequentemente) che a secco.

Nei sistemi ad umido l'acqua, oltre a contribuire nella rimozione attraverso l'azione idraulica, elimina la formazione di polvere e raffredda la superficie del materiale che altrimenti si scalderebbe per il contatto con l'abrasivo ad alta pressione. La velocità di rimozione è normalmente minore rispetto ad altri sistemi di rimozione con abrasivo utilizzati, le superfici da trattare non necessitano solitamente di prelavaggio.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Il bicarbonato di sodio non è riciclabile come mezzo abrasivo. La generazione di rifiuti o la necessità di gestire scarichi liquidi rappresentano i problemi ambientali di maggior rilievo.

Per quanto riguarda i sistemi ad umido attraverso sedimentazione o filtrazione è possibile separare il residuo solido dall'acqua; in alcuni casi sono utilizzati sistemi di ultrafiltrazione che permettono di ridurre al massimo i quantitativi di rifiuti. L'acqua contenente bicarbonato di sodio può essere trattata in un impianto di trattamento per poi essere scaricata.

L'utilizzo di bicarbonato di sodio in sistemi a secco può creare nuvole di polveri che necessitano di monitoraggio e di un contenimento. Il bicarbonato non è tossico, né infiammabile, nella polvere possono essere però presenti elementi tossici contenuti nelle vernici rimosse che dovranno essere rimosse e contenute. I rifiuti generati con questa tecnica saranno costituiti da polvere, vernice, grasso e altri residui, la pericolosità di tale rifiuto sarà funzione del tipo di strato coprente o contaminante rimosso.

La presenza di polvere rappresenta il maggior rischio per gli addetti sia per l'apparato respiratorio che visivo, è quindi necessario adeguarsi propriamente.

Fornitori di tecnologie e impianti per la pulizia meccanica dei pezzi (anche mezzi abrasivi)

LAMEF - Via Maspero,15/17
21019 SOMMA LOMBARDO (VA)
Tel. +39 0331.258904 - Fax +39 0331.253416
e-mail:info@lamef.it

COGEIM EUROPE S.R.L. - Via Villapia, 9/11 - 20010 CASOREZZO, Milano - Italy.
Tel. ++39 02 90380213 - 90380520 Fax. 02 90296850
Home page: www.cogeim.it

NDT ITALIANA S.A.S.
Via del Lavoro, 28 - 20049 Concorezzo (MILANO) ITALY
Tel (+39) 039.647590 - Fax (+39) 039.647799 Email: info@ndt.it

Paicristal
via G.De Stefani, 40.zona industriale 32042 Calalzo di Cadore (BL)
tel 0435/501668; fax 0435/30984
www.paicristal.com

Rollwash S.P.A.
via San Carlo, 21-20042 Albiate Brianza (Milano) Italy –
telefono 0039 0362 93.03.34-5-6-7- fax 0039 0362 93.14.40
home page: www.rollwash.it

ULTRASUONI I.E.
Sede - Direzione - Uffici Tecnico-Comm.li : Via Lipari, 6 - 20144 MILANO MI
Tel. 02463808-0248022846-360459513 - 3299824315 - Fax. 024.802.2846 Tel+Fax Digitale : 178.229.9511.150
Homepage: www.ultrasuono.org

4.3.6.5 Pellets di CO_2

Il trattamento avviene tramite il bombardamento con pezzi di ghiaccio secco (pellets) che sono sparati sulla superficie da getti d'aria o di altri gas; questa tecnologia costituisce un'alternativa a sabbiatura e granigliatura benché non possa essere tecnicamente considerata un processo abrasivo. L'applicazione può essere manuale o automatizzata. I pellets di CO_2 sono utilizzati per la pulizia di gomme, leghe metalliche, vetroresina, mattoni, plastiche e ceramiche di cui rimuovono vernice e altri strati coprenti, adesivi, sigillanti, ruggine, grasso ed olio. È una tecnica efficace nella pulizia di precisione. Non si ha danneggiamento della maggior parte dei materiali (a meno che non si tratti di superfici molto sottili) mentre è opportuno verificare la risposta allo shock termico dei materiali. L'utilizzo di pellets rende non necessario lo smontaggio delle parti da pulire nonché la pulizia dai residui del materiale abrasivo (come può accadere con la sabbia). Le dimensioni dei pellets, la velocità e il flusso sono variabili importanti che sarà utile regolare in modo da ottimizzare il processo per

quanto riguarda l'efficacia di rimozione e il potenziale danneggiamento dei materiali. Un processo ottimizzato di sverniciatura può raggiungere 0,09 m^2/min, il tempo di trattamento (sia sverniciatura che pulizia) è ridotto del 80-90%.

Questa tecnologia è stata utilizzata, congiuntamente a trattamenti allo xenon, per la sverniciatura di lamiere di alluminio e materiali compositi.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Il processo non genera CO_2 ex novo, essa è infatti normalmente recuperata da altri processi industriali ed è inoltre riciclabile.

I rifiuti prodotti nel processo constano esclusivamente del materiale rimosso in quanto i pellets sublimano.

Per quanto riguarda la sicurezza si ricorda che i livelli di rumore prodotti variano tra 95 – 130 dB.

La CO_2 è un gas inodore e incolore, a causa del peso specifico maggiore di quello dell'aria tende a concentrarsi in ambienti chiusi e poco aerati, date le proprietà asfissianti sarà opportuno prendere le dovute cautele affinché si evitino elevate concentrazioni di questo gas in ambienti in cui è presente personale.

Sistemi non automatizzati possono affaticare gli addetti a causa del peso, del freddo e dei contraccolpi dati dal fucile che spara i pellets. È inoltre necessario prendere le dovute cautele per evitare che le scorie di vernice o altri contaminanti siano proiettati sugli addetti o nelle aree di lavoro.

Esempi applicativi

Tolomelli Nicoletta Fonderie

Fonte: Ervet S.p.A. "La riduzione dei Composti Organici Volatili attraverso interventi integrati nelle imprese e nel territorio della Provincia di Forlì Cesena"

Dati aziendali

Via Galilei, n.7. Monteveglio (BO)

Tel: 051/833561; e-mail: fonderiatolomelli@libero.it

Attività: produzione oggetti di fonderia in alluminio

Innovazione tecnologica adottata

L'azienda utilizza un sistema meccanico di pulizia che utilizza pellets di ghiaccio secco.

Motivo dell'innovazione

I motivi che hanno spinto la fonderia Tolomelli ad abbandonare la sabbiatura per la pulizia meccanica con pellets di CO2 sono di natura economica (gestione di minori quantitativi di rifiuti) e soprattutto organizzativa (risparmio di tempo necessario alla pulizia, effetti negativi della sabbia sui macchinari), infatti:

- Poiché il ghiaccio secco sublima non è indispensabile la pulizia dell'ambiente di lavoro che era invece necessaria con l'utilizzo di sabbia;
- Gli unici rifiuti prodotti sono costituiti dal distaccante rimosso;
- La sabbia, sparata ad elevate pressioni, si depositava tra gli ingranaggi dei macchinari presenti nel luogo di lavoro creando contrattempi dovuti alla manutenzione.

Aspetti tecnici

La fonderia Tolomelli utilizza pellets di CO2 per la pulizia degli stampi contaminati principalmente da distaccante (prodotto organico utilizzato per tener separato l'alluminio dallo stampo). Il ghiaccio secco è sparata attraverso una pistola ad utilizzo manuale collegata, tramite flessibile, all'impianto di generazione di pressione a 4-5 bar.

Vantaggi economici e operativi

L'utilizzo di ghiaccio secco ha significato prima di tutto un notevole risparmio di tempo prima impiegato nella pulizia accurata dell'ambiente di lavoro dalla sabbia e saltuariamente nella manutenzione dei macchinari necessaria per la deposizione di sabbia negli ingranaggi.
Sono stati inoltre ridotti i quantitativi di rifiuti e con essi i costi relativi in termini operativi e monetari.

Limiti rilevati

I maggiori limiti rilevati riguardano la durata limitata del ghiaccio secco acquistato (circa una settimana per un contenitore che ne contiene circa 50 kg) e il costo dello stesso maggiore rispetto ad altri mezzi abrasivi.

4.3.6.6 Fiocchi di CO_2

Questa tecnica permette una pulizia meno aggressiva rispetto all'utilizzo dei pellets, è utilizzata per la rimozione ad elevatissimo livello di particelle e sottili strati di grasso (es. impronte di dita) a livelli microscopici

(0,1 – 10 micron) da materiale delicato e sensibile quali lenti di precisione e altri elementi ottici o elettrici senza che questi debbano essere disassemblati. Non è invece un processo indicato per pulire superfici che presentino eccessivi carichi di residuo e contaminanti, parimenti per quanto riguarda gli oli pesanti essi necessitano, per essere completamente rimossi, di una fase di prelavaggio. I fiocchi di CO_2 non graffiano vetro e ceramica a meno che particelle dure (es. sabbia) non siano trasportate nel flusso del gas. Alcuni fucili generatori di fiocchi sono progettati per trattare fori ciechi di piccole dimensioni (diametro minore di 0,6 cm). La dimensione e l'intensità di impatto dei fiocchi di CO_2 è regolabile entro un ampio spettro. Uno dei limiti dell'utilizzo di CO_2 può essere la necessità di purificarla, essa tende infatti a dissolvere i contaminanti all'interno dei contenitori in cui è stoccata.

Il raffreddamento delle superfici, dovuto per esempio a pause lunghe, può causare la condensazione e deposizione delle impurità trasportate dall'aria sulle superfici pulite.

L'equipaggiamento richiesto per questo tipo di tecnologia richiede: una sorgente di CO_2 gassosa, un purificatore del gas (opzionale) e un fucile generatore di fiocchi di CO_2 ghiacciata. Come sorgente di CO_2 possono essere utilizzati i fumi di saldatura, purché opportunamente purificati.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Il processo non genera CO_2 ex novo, essa è infatti normalmente recuperata da altri processi industriali ed è inoltre riciclabile.

I rifiuti prodotti nel processo constano esclusivamente del materiale rimosso che è concentrato laddove i fiocchi sublimano e può essere così più facilmente raccolto.

Il processo non è infiammabile né tossico e non causa apparenti reazioni chimiche.

La CO_2 è un gas inodore e incolore, a causa del peso specifico maggiore di quello dell'aria tende a concentrarsi in ambienti chiusi e poco aerati, date le proprietà asfissianti sarà opportuno prendere le dovute cautele affinché si evitino elevate concentrazioni di questo gas in ambienti in cui è presente personale.

Fornitori di tecnologie e impianti per la pulizia con pellets e/o fiocchi di CO_2

Fismet Industriale S.R.L.
Via Darwin angolo Via Newton 20019 Settimo Milanese (MI)
Tel.: 02.33.50.32.47 - Fax: 02.33.50.32.51 - e-mail: info@fismet.com

Speedy clean treviso s.r.l.

vie delle industrie n.16, Silea (Tv)
tel 0422/363245; fax 0422/360841
home page: www.speedyclean.it

SOL Spa - Zola Predosa
Via Poli 2/a
40069 Zola Predosa
tel. 051/758914 - 051/750437 - 051/750438; fax 051/758916
home page: www.solworld.com

Ultrasuoni I.E.
Sede - Direzione - Uffici Tecnico-Comm.li : Via Lipari, 6 - 20144 MILANO MI
Tel. 02463808-0248022846-360459513 - 3299824315 - Fax. 024.802.2846 Tel+Fax Digitale : 178.229.9511.150
Homepage: www.ultrasuono.org

Air Liquide Italia S.r.l.
Direzione Comunicazione
Via Capecelatro, 69
20148 Milano (MI)
Tel.: (39) 02-40261
Home page: www.airliquide.it

4.3.7 Spazzolatura

Campo di applicazione

La spazzolatura può avvenire sia manualmente che attraverso sistemi altamente automatizzati, è una tecnica efficace per la rimozione di scorie, ruggine, vernice, metalli in eccesso in seguito ad attività di saldatura, bavature ed altri materiali aderenti alla superficie da pulire. Altre applicazioni nelle quali ha trovato impiego sono la preparazione di superfici metalliche o in legno alla verniciatura nonché l'ultra-pulizia per la rimozione di particelle finissime (per strofinamento). Attraverso l'utilizzo di fibre o tessuti e con l'ausilio di creme a debole potere abrasivo è poi possibile lucidare superfici metalliche nude o verniciate. Questa tecnica non è adatta alla rimozione di contaminanti fluidi.

Descrizione del funzionamento

Il processo si basa sull'azione meccanica indotta dallo strofinamento di spazzole sulla superficie da pulire. Le spazzole sono costituite da fili metallici, setole animali o materiali sintetici (fibre, tessuti) che possono essere eventualmente impregnate di polveri abrasive.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Questo processo non comporta l'utilizzo di sostanze contenenti COV, le uniche emissioni atmosferiche presenti sono di natura polverulenta. I rifiuti prodotti sono alquanto ridotti limitandosi perlopiù ai contaminanti rimossi, dai quali dipende la pericolosità del rifiuto stesso, e alle parti abrasive consumate. I consumi energetici dipendono dal grado di automazione.

Le polveri prodotte, in particolar modo le più fini, possono essere dannose per l'apparato respiratorio, è quindi opportuno dotare gli addetti delle adeguate protezioni.

4.3.8 Getti ad alta pressione

Campo di applicazione

I getti ad alta pressione sono utilizzati per la pulizia sia di pezzi di precisione che di materiale grossolano, nonché per lo strippaggio meccanico di vernici e altri strati coprenti per i quali sono utilizzate pressioni molto alte, superiori anche a 680 atm. I livelli di pulizia che permette questa tecnica, ideale inoltre per la rimozione di residui in cavità cieche e fori occlusi, sono elevati. Dal livello di pulizia desiderato dipenderà l'efficienza del sistema filtrante.

Tra i limiti dei getti ad alta pressione ricordiamo che è possibile si abbia una rideposizione del contaminante a causa del rimbalzo del getto liquido, inoltre nella soluzione dovrà essere accuratamente evitato qualsiasi agente schiumogeno.

Alcuni sistemi di getti ad alta pressione utilizzati principalmente per la sverniciatura utilizzano pressioni che arrivano anche alle 3700 atmosfere. In questo caso si usa solitamente acqua deionizzata, questa tecnica è in grado di rimuovere i rivestimenti strato per strato. Il sistema di depurazione dell'acqua ha in aggiunta un sistema di rimozione che permette la raccolta di metalli pesanti (es. rame, piombo), cloruri, solfati, nitrati, etc. Prima del riutilizzo è necessaria una nuova deionizzazione. I vantaggi legati a questa tecnica sono la riduzione del 90% della generazione di rifiuti pericolosi e del 50 % del tempo necessario allo stripping completo. Non

sono inoltre solitamente necessari prelavaggi. Attraverso questa tecnica è possibile rimuovere uno strato alla volta, può non rimuovere la corrosione.

Descrizione del funzionamento

L'equipaggiamento relativo a questa tecnica di pulizia è costituito dal liquido pulente, una pompa ad alta pressione con filtro annesso, la parte finale rigida fornita di diversi ugelli intercambiabili e una vasca di accumulo. L'applicazione può avvenire sia manualmente che in modo automatizzato.

La soluzione pulente comunemente utilizzata è acqua, alla quale è possibile aggiungere additivi, acidi o basi per migliorarne l'efficacia nella rimozione di particolari tipi di residui. La forza pulente dipende pressocchè esclusivamente dalla forza del getto la cui pressione è di norma maggiore alle 34 atm per le operazioni di lavaggio/sgrassaggio mentre si attesta oltre le 1000 atm per le operazioni di sverniciatura, per questo la natura chimica del liquido ha un'importanza molto relativa.

L'efficacia della tecnologia dipende dalla forza con cui il getto è inviato sulla superficie, la potenza è regolata dalla dimensione dell'ugello e dalla velocità del flusso, altre variabili importanti sono il tempo e l'angolo di applicazione del flusso, il tipo di ugello e la natura del liquido pulente. Questa tecnologia può essere utilizzata da sola o integrata ad altri sistemi.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Trattandosi di un sistema a getto ad alta pressione il consumo idrico può risultare notevole, per questo sono predisposti sistemi di separazione dal contaminante e ricircolo della soluzione depurata. Il contaminante rimosso è poi smaltito come rifiuto. L'impatto ambientale dipende poi in larga parte dalla natura del liquido (acqua, soluzioni acide o basiche); la soluzione contaminata inoltre, eventualmente non più riciclabile, dovrà essere trattata prima dello scarico dipendentemente dal contaminante presente e dalla natura del liquido (nel caso di soluzioni acide o basiche potrebbero essere necessari aggiustamenti del pH).

Per quanto riguarda la sicurezza, tre sono gli aspetti più importanti da prendere in considerazione:

alcune sostanze chimiche divengono infiammabili ed esplosive quando spruzzate ad alta pressione;

un getto ad alta pressione può essere dannoso per gli operatori;

soluzioni acide o basiche possono essere irritanti e corrosive, alcuni additivi sono tossici.

4.3.9 Getti a bassa pressione

Campo di applicazione

I getti a bassa pressione sono comunemente utilizzati per rimuovere detriti già parzialmente intaccati, per sciogliere lo sporco e per il risciacquo. L'azione pulente è anche in questo caso dovuta sia (perlopiù) alla forza meccanica del getto che alla natura chimica del liquido pulente in grado di assicurare una migliore efficacia allorquando il contaminante sia solubile nella soluzione. Come nel caso dei getti ad alta pressione dovranno essere evitati additivi schiumogeni.

Questo tecnica è spesso utilizzata in concomitanza con altri sistemi di pulizia (ultrasuoni, getti ad alta pressione), come in tutti i casi in cui si fa uso di soluzioni acquose può essere necessario un sistema di essiccamento dei pezzi.

I getti a bassa pressione non sono in grado di rimuovere particelle strettamente adese alle superfici.

Descrizione del funzionamento

In questo caso la pressione del liquido pulente varia tra 13 – 20 atm., l'applicazione può essere sia manuale che automatica. L'equipaggiamento comprende la soluzione liquida, la vasca di accumulo, la pompa con annesso filtro e una parte terminale rigida dotata di ugello. Come soluzione è possibile utilizzare acqua, soluzioni acquose (neutre, acide o basiche) o solventi. Altre variabili del sistema sono il tipo di ugello, il flusso e il tempo di applicazione.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Come nel caso dei getti ad alta pressione, e a maggior ragione dato il possibile utilizzo di solventi, gli impatti ambientali di questa tecnologia dipenderanno dalla natura della soluzione utilizzata. Anche in questo caso inoltre la presenza di un sistema di depurazione e riutilizzo permetterà minori consumi di sostanze chimiche. Gli impatti sono quindi legati a questi due fattori:

- natura chimica della soluzione solvente utilizzata;
- sistema di depurazione e riutilizzo della soluzione solvente.

La tipologia di soluzione solvente influenza:

- la natura e la pericolosità delle emissioni atmosferiche convogliate e diffuse;
- la pericolosità dei rifiuti prodotti;

- la necessità e la tipologia degli appropriati sistemi di aspirazione e abbattimento;
- i requisiti di prevenzione antincendio e delle emergenze e di salubrità degli ambienti di lavoro;
- i consumi idrici;
- la necessità di un sistema di essiccamento;
- la necessità di trattamenti per lo scarico dei reflui in fognatura;
- i requisiti dei trasportatori e smaltitori di rifiuti.

Dalla presenza di un sistema di depurazione della soluzione contaminata e di riutilizzo della stessa dipende:

- la quantità di rifiuti prodotti;
- il consumo di materia prima (solventi, acqua, acidi, additivi, alcali, etc.).

Per quanto riguarda la sicurezza, tre sono gli aspetti più importanti da prendere in considerazione:

- alcune sostanze chimiche divengono infiammabili ed esplosive quando spruzzate ad alta pressione (es. solventi);
- soluzioni acide o basiche possono essere irritanti e corrosive, alcuni additivi sono tossici;
- nel caso venga fatto uso di solventi sarà necessario ottemperare ai requisiti richiesti di sicurezza degli operatori a causa delle significative emissioni che un sistema come questo produce.

La pulizia attraverso getto a bassa pressione che utilizzi solventi puri è sconsigliata in sistemi che non sia automatizzati, chiusi e senza un sistema di depurazione – riutilizzo a causa del forte consumo di sostanze pericolose per l'ambiente, per la produzione di rifiuti pericolosi, per il forte impatto sulla salubrità degli ambienti di lavoro (il getto provoca infatti un consistente aumento della volatilità).

Fornitori tecnologie e impianti per la pulizia a pressione

Clean S.R.L.
Via Borgo Padova, 64 - 35012 Camposampiero - PD
Tel. +39 049 9.300.500 r.a. - Fax +39 049 932.00.42

4.3.10 Lavaggio a vapore

Campo di applicazione

Lo sgrassaggio a vapore è una tecnica utilizzata per la rimozione di contaminanti solubili in acqua, oli pesanti, grassi, particolato e sporco resistente da parti meccaniche e dispositivi. La soluzione vaporizzata può essere

semplicemente acqua oppure possono essere utilizzati additivi come detergenti alcalini o emulsionanti, per favorire lo scioglimento del grasso in acqua, o inibitori della ruggine. La concentrazione di alcali sono normalmente più basse rispetto a quelle necessarie per il lavaggio in immersione.
Questa tecnica è, di solito, applicata manualmente, il processo risulta molto utile per la pulizia saltuaria di pezzi di dimensioni rilevanti e se i ritmi di produzione non giustificano l'acquisto di sistemi a spruzzo, generalmente costosi. Nel caso in cui il carico contaminante sia elevato potrebbe essere utile un pretrattamento tramite immersione in bagno pulente. La tecnica di applicazione è semplice e l'attrezzatura è facilmente trasportabile e poco ingombrante.
Questo metodo di lavaggio non permette di trattare materiali sensibili alle temperature elevate e all'umidità (es. penetrazione dell'acqua all'interno di giunture e zone saldate). Soluzioni ricche di silicati possono formare incrostazioni nell'equipaggiamento.

Descrizione del funzionamento

Il vapore surriscaldato in pressione è fatto venire a contatto con il pezzo da trattare fino a raggiungere una elevata temperatura superficiale che accelera l'emulsione, il distacco e la rimozione dei residui; questa è poi mantenuta fino a completa evaporazione o liquefazione dei residui.
La maggior parte delle macchine lavatrici e a vapore funzionanti con solventi organici possono essere convertite all'utilizzo di soluzioni acquose.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Gli impatti ambientali relativi al lavaggio con vapore dipendono dal tipo di contaminante da rimuovere, dalle sostanze chimiche addizionate all'acqua per migliorarne l'efficienza pulente e dalla quantità di vapore prodotto che, una volta condensato, dovrà essere raccolto e trattato prima dello scarico.
Dalla natura del contaminante da rimuovere e da quella della soluzione vaporizzata dipende il tipo di trattamento necessario alla depurazione della soluzione contaminata prima dello scarico. La natura dei reflui liquidi è, nel caso del lavaggio a vapore, comunemente compatibile con i più diffusi impianti di depurazione acque adottati nelle aziende.
Normalmente il lavaggio a vapore è effettuato con acqua, sono infatti calore e pressione del vapore i fattori determinanti del distacco e della rimozione del contaminante. Possono essere altresì aggiunti additivi quali detergenti alcalini, emulsionanti, inibitori della ruggine che migliorano l'efficacia pulente o conferiscono all'oggetto proprietà utili (es. resistenza alla formazione di ruggine). Rispetto a tecniche di pulizia che fanno

uso di solventi in questo caso il consumo di sostanze pericolose e la generazione di rifiuti pericolosi è decisamente limitato così come non risultano particolarmente inquinanti le emissioni atmosferiche costituite prevalentemente da vapor acqueo.
Infine la quantità di vapore prodotto influenza i consumi idrici. Qualora tale tecnica sia utilizzata all'aperto è necessario prevenire la contaminazione del suolo causata dal percolamento di vapore condensato e dei contaminanti rimossi.
Per quanto riguarda il fattore sicurezza sarà necessario prevedere accorgimenti atti ad evitare il contatto degli operatori con il vapore e i pezzi surriscaldati. Anche la rumorosità può essere elevata. L'area di lavaggio deve inoltre essere opportunamente ventilata e condizionata.

4.3.11 Sistemi chiusi di pulizia con utilizzo di vapore (CEVC)

Campo di applicazione

Le macchine lavatrici a vapore possono utilizzare sia soluzioni acquose che solventi. La gamma di contaminanti che è possibile rimuovere è quella tipica di tutti i sistemi a vapore (grassi, oli, particolato, …). A differenza di altri sistemi questo processo è completamente automatizzato (se si esclude la fase di carico e scarico dei pezzi), non sono presenti inoltre tempi morti o interruzioni del lavoro significative.
A causa dei continui cicli di riscaldamento/raffreddamento a parità di capacità la durata dei cicli di pulitura è maggiore, il tempo necessario può infatti variare da un minimo di 8 minuti ad un massimo di 40 secondo la massa totale del carico e dal tipo di metallo.

Descrizione del funzionamento

I pezzi da trattare sono posti in una camera ermetica all'interno della quale sono fatti entrare i vapori della soluzione solvente utilizzata. Terminato il processo i vapori sono evacuati, fatti passare attraverso un sistema di raffreddamento e successivamente filtrati su carbone attivo. I pezzi puliti sono così estratti senza che avvenga alcuna emissione non controllata. Un timer inizia la fase di riscaldamento del solvente in anticipo rispetto all'inizio del ciclo di lavaggio, raggiunta la temperatura ideale il vapore è immesso nella camera ermetica dove sono presenti i pezzi, il contatto causa la condensazione del vapore che insieme a oli e grassi è collettato attraverso un'apertura presente sul fondo della camera ermetica. Quando i pezzi raggiungono la temperatura del vapore non avviene più condensazione, a questo punto l'entrata di nuovo vapore viene

impedita e l'aria nella camera viene fatta ricircolare in un serpentino di raffreddamento per condensare il solvente che è raccolto. Il carbone attivo è a questo punto riscaldato in modo che i solventi adsorbiti nelle fasi precedenti siano rilasciati e possano essere raffreddati. Il carbone attivo inizia ad adsorbire i solventi eventualmente presenti nella camera ermetica, il ciclo continua fino a che la concentrazione dei solventi nell'aria misurata da apposito sensore non risulti sufficientemente bassa. Solo ora è possibile aprire lo sportello dalla quale sfuggirà, unica emissione del processo, una minima parte di solventi.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

L'impatto ambientale e quello sulla salubrità degli ambienti di lavoro e la salute degli operatori delle macchine lavatrici a vapore è molto simile a quello visto per le macchine lavatrici integrate. Le due tecnologie sono infatti accumunate dalla presenza di una camera ermetica all'interno della quale sono trattati i pezzi e la possibilità di essere equipaggiate con un sistema di depurazione/riutilizzo di soluzioni pulenti. Anche in questo caso inoltre la soluzione solvente utilizzata può essere costituita da soluzioni acquose, semiacquose o solventi. Nei primi due casi l'utilizzo di solventi è nullo o comunque ridotto al minimo, inoltre la presenza di un sistema di depurazione/riutilizzo permette di diminuire significativamente anche consumi idrici e scarichi/rifiuti. L'utilizzo di soluzioni acquose o semi acquose in sostituzione di sostanze classificate come pericolose (molti solventi sono infiammabili, cancerogeni, etc.):

- riduce i requisiti a cui ottemperare relativi a prevenzione di incendi e altre emergenze e alla salubrità degli ambienti di lavoro;
- riduce i requisiti richiesti a trasportatori e smaltitori di rifiuti;
- riduce la quantità di rifiuti pericolosi prodotti;
- può comportare un aumento di consumi idrici;
- può comportare il trattamento dei reflui prima della immissione in rete fognaria qualora vengano gestiti come scarichi idrici

Nel terzo caso l'impatto relativo al consumo di sostanze pericolose per la salute e l'ambiente è mitigato da due fattori:

- la mancanza di emissioni diffuse dalla lavatrice elimina pressoché totalmente (le uniche emissioni si hanno con l'apertura del portello per l'estrazione dei pezzi) una fonte importante di inquinamento dal luogo di lavoro. Rispetto ad altri sistemi di sgrassaggio a vapore le emissioni atmosferiche di COV sono ridotte per più del 99%;

- la presenza di un sistema di depurazione/riutilizzo dei solventi ne permette il recupero con una conseguente riduzione significativa dei consumi di sostanze pericolose e di produzione di rifiuti.

4.3.12 Lavaggio al plasma

Campo di applicazione

Il lavaggio al plasma risulta tecnica efficace nella rimozione di film molto sottili di sostanze organiche. Diversi sono i settori in cui è utilizzato comunemente, nell'industria dei semiconduttori è utilizzato per migliorare il contatto dei conduttori su microcircuiti ibridi, per asportare l'isolamento dagli avvolgimenti e dai componenti magnetici nonché anche per preparare le superfici dei componenti in plastica per le operazioni di placcatura. Una grande varietà di oggetti, dai più semplici ai più complessi, è pulita tramite plasma come paraurti di veicoli, aghi di acciaio inossidabile per siringhe, lenti di plastica, palle da golf, cateteri per angioplastica, etc. La fluidità del mezzo permette infatti la pulizia di oggetti dalle geometrie particolari, fori e cavità. Un altro vantaggio dei sistemi al plasma è la possibilità di trattare efficientemente assemblati di diversi materiali. Possono essere utilizzati come trattamento finale per rimuovere ogni traccia di contaminante organico e per seccare i pezzi.

Impianti al plasma sofisticati ed inseriti in un circuito integrato di lavorazione sono capaci di rimuovere spessori superiori ad 1 micron/min alla temperatura di circa 200° C mentre impianti più semplici ed economici si attestano su livelli normali di esercizio pari a 0.2 micron/min ad una temperatura di 100° C.

Le dimensioni degli impianti possono essere alquanto varie (dalle dimensioni di un piccolo forno a microonde a grandi camere), essi inoltre possono costituire un'unica unità o essere progettati in serie (es. per il trattamento di fogli polimerici o fibre in bobine).

Tra gli altri vantaggi e possibili applicazioni ricordiamo che:

- il plasma può essere utilizzato per pulire ossidi, siliconi e nitruri da materiali al quarzo;
- può essere usato sia per pulire sia per pretrattare le superfici di materiali plastici: l'ossigeno atomico rimuove i componenti organici e si combina chimicamente con la superficie incrementando le proprietà leganti. Le superfici plastiche divengono più bagnabili, consentendo così contatti di adesione più forti;
- le forze di legame sui punti di estremità dei pezzi polimerici (polipropilene, polietilene, policarbonato, poliestere e nylon) sono migliorati a seguito della pulizia con plasma ad ossigeno rendendo superflui eventuali successivi interventi di preparazione delle superfici;

- il plasma prodotto con azoto pulisce meno efficacemente l'acciaio inossidabile rispetto a quello prodotto da una miscela di ossigeno e argon ma non danneggia lo strato protettivo di biossido di cromo;
- nella pulizia di metalli, ceramiche e vetro con plasma i contaminanti sono desorbiti dalla superficie come risultato del bombardamento di ioni ed elettroni e del riscaldamento della superficie associato a questi impatti.

Tra gli svantaggi di questa tecnologia ricordiamo l'impossibilità di rimozione di contaminanti inorganici. La maggior parte dei metalli, ceramiche, e vetri, inoltre, non mostrano segni visibili di pulizia. Le plastiche sono attaccate chimicamente solo in superficie dall'ossigeno dopo una estesa pulizia, l'effetto è presente solo sulla superficie del materiale.

Descrizione del funzionamento

Il plasma è una miscela di ioni positivi e negativi ed elettroni prodotti da un campo elettrostatico o elettromagnetico. Rispetto agli impianti di lavaggio tradizionali (che agiscono sui contaminanti a mezzo di diluizione e successiva asportazione fisica) gli impianti al plasma sono dei reattori chimici: ioni e molecole cariche (radicali eccitati) rimuovono dalla superficie i contaminanti reagendo chimicamente con essi e dando come prodotti della reazione vapore acqueo, anidride carbonica e solo in piccola parte, molecole organiche volatili. Il gas ionizzato, il plasma cioè, è ottenuto applicando una corrente alternata ad alta frequenza ad un gas (o miscela di gas) mantenuto a bassa pressione all'interno del reattore (0.0001 - 0.001 atm). I sistemi a plasma freddo operano con quantità minime di gas, generalmente ossidanti (es. l'ossigeno) oppure inerti (argo, elio, azoto e loro miscele) nel caso di trattamento di supporti soggetti a degradazione ossidativa. Benché i contaminanti organici siano molto diversi fra loro, tuttavia oli, cere, grassi e distaccanti, con base minerale o vegetale, sono tutti caratterizzati, dal punto di vista della natura chimica, da catene radicali CH2 più o meno lunghe, che reagiscono, in certe condizioni di pressione e campo elettrico, nel seguente modo:

$(CH_2)n- + 3/2nO_2$ ----> n $(CO_2 + H_2O)$

Il processo ossidativo è a freddo (la temperatura di processo si aggira tra i 25° e i 50°C) ottenuto grazie alla forte istabilità del gas in fase di plasma. L'energia prodotta dal bombardamento degli elettroni permette la rottura dei legami CH, carbonio e idrogeno combinano con gli ioni ossigeno con produzione di anidride carbonica e vapor acqueo che vengono aspirati da pompe per il mantenimento della bassa pressione.

Oltre alla rimozione dei contaminanti organici il trattamento al plasma può essere utilizzato per rimuovere, attraverso ablazione, sottili strati superficiali da materiali; inducono inoltre alla formazione di legami incrociati,

che rafforzano la coesività superficiale, e altre modificazioni chimiche superficiali che migliorano le caratteristiche chimico-fisiche dei materiali.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Gli unici residui del processo di pulizia al plasma sono costituiti da vapor acqueo, anidride carbonica (gas serra) e quantitativi trascurabili di sostanze organiche che possono essere rilasciate in atmosfera tal quali.
Per quanto concerne la sicurezza degli operatori si ricorda che è necessario fare attenzione allo stoccaggio di alcuni gas in bombole a pressione (in particolare l'ossigeno).

Fornitori tecnologie e impianti per la pulizia al plasma

Ultrasuoni I.E.
Sede - Direzione - Uffici Tecnico-Comm.li : Via Lipari, 6 - 20144 MILANO MI
Tel. 02463808-0248022846-360459513 - 3299824315 - Fax. 024.802.2846 Tel+Fax Digitale : 178.229.9511.150
Homepage: www.ultrasuono.org

Eurosovitech S.R.L.
Via Adua 1 CARNAGO (VARESE) 21040 ITALY
tel. +390331993815 fax +390331997407
E-mail:info@eurosovitech.com

4.3.13 Pulizia con fluido supercritico

Campo di applicazione

La pulizia con fluido supercritico risulta particolarmente idonea per il trattamento di oggetti di precisione e parti con forme particolari (es. interruttori termici, assemblaggi elettromeccanici, contenitori polimerici, lenti ottiche e componenti ottiche per laser, ceramiche porose). Bassa viscosità e alta diffusività permettono infatti un'ottima pulizia di fori e cavità molto piccole.
Dimostra maggiore efficacia nella rimozione di contaminanti liquidi (silicone, oli dielettrici, petrolio, lubrificanti, adesivi, grassi e cere) e in particolare di molecole di moderato peso molecolare e bassa polarità, mentre non è molto adatto all'asportazione di residui di particelle solide (in particolare molecole ioniche o polari e inorganiche) se non è combinato con l'utilizzo di sistemi di agitazione o di ultrasuoni. L'elevato livello di pulizia

raggiungibile necessita di tempi di trattamento relativamente brevi (da 15 a 30 minuti), non si adatta però molto bene al trattamento di materiale fortemente contaminato. Il potere solvente del fluido supercritico dipende dalla pressione, è quindi possibile estrarre diversi tipologie di contaminanti e precipitarli separatamente per analisi. I fluidi supercritici sono compatibili con metalli, ceramiche, e polimeri come il teflon, polietilene ad alta densità, epossidi e poliammidi mentre causano rigonfiamenti in acrilati, polimeri dello stirene, policarbonati e uretani, ne è sconsigliato l'uso anche per tutti quei materiali sensibili alle alte temperature e pressioni.
Un'ulteriore limite di questa tecnologia è la limitatezza delle dimensioni delle apparecchiature all'interno delle quali può essere applicata.

Descrizione del funzionamento

Al di sopra di una certa temperatura un gas non condensa in una fase liquida all'aumento della pressione, dà invece origine ad una fase, detta supercritica, che presenta caratteristiche sia dei gas che dei liquidi.
Questa tecnica di pulizia sfrutta l'estrema diffusività e la bassa viscosità del fluido in condizioni supercritiche che risulta particolarmente efficace nel raggiungimento e nella penetrazione di fessure molto piccole e dei giunti di complessi assemblaggi.
L'equipaggiamento di base consiste in: compressore, scambiatore di calore (per il riscaldamento e per il raffreddamento), valvola di controllo della pressione, vassoio di estrazione (in pressione) in cui l'oggetto è sottoposto al passaggio del fluido supercritico che asporta i residui, vassoio di separazione in cui il fluido supercritico è vaporizzato e si separano i residui estratti mediante drenaggio.
I pezzi sono introdotti nel contenitore a pressione insieme al gas, a questo punto temperatura e pressione sono aumentate finché lo stato supercritico non è raggiunto. La temperatura di processo può variare da 35 a 65° C, la pressione da 140 a 270 atm. Successivamente il fluido è fatto vaporizzare, a questo punto i residui estratti sono separati mediante drenaggio. La maggioranza dei fluidi supercritici commercialmente disponibili sfruttano l'anidride carbonica (CO_2) e sono caratterizzati da eccellenti proprietà solventi (comparabili a quelle dell'esano), può comunque essere aggiunto un co – solvente per migliorarne l'efficacia.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Il processo non genera CO_2 ex novo, essa è infatti normalmente recuperata da altri processi industriali ed è inoltre riciclabile. I rifiuti prodotti nel processo constano esclusivamente del materiale rimosso che dopo

essersi distaccato, in seguito alla riduzione della pressione e temperatura, è concentrato in apposito contenitore.

La CO_2 è un gas inodore e incolore, a causa del peso specifico maggiore di quello dell'aria tende a concentrarsi in ambienti chiusi e poco aerati, date le proprietà asfissianti sarà opportuno prendere le dovute cautele affinché si evitino elevate concentrazioni (> 5000 ppm) di questo gas in ambienti in cui è presente personale. La CO_2 non è infiammabile.

Le maggiori preoccupazioni relative alla sicurezza degli addetti riguardano la possibilità di rotture e la presenza di camere in pressione.

Fornitori di tecnologie e impianti per la pulizia con fluido supercritico

Miodrag Prokic
M P Interconsulting
Marais 36,
2400 Le Locle,
Switzerland
Tel : +41-32-9314045; Fax : +41-32-9314045
E-mail: mpi@bluewin.ch; home page : http://mpi.powerultrasonics.com/index.html

Fismet Industriale s.r.l.
Via Darwin angolo Via Newton 20019 Settimo Milanese (MI)
Tel.: 02.33.50.32.47 - Fax: 02.33.50.32.51 - e-mail: info@fismet.com

4.3.14 Asportazione laser

Campo di applicazione

La rimozione attraverso laser è una tecnica non intrusiva e a bassa energia cinetica utilizzata per la dissossidazione e la rimozione di ruggine, per la sverniciatura, la rimozione di graffiti, oli e grassi ("asciutti" e "umidi") e residui di colle (da nastri da imballaggio, nastri di carta tipo carrozziere, nastri trasparenti). Può essere inoltre utilizzato per il decapaggio dei cordoni di saldatura. Il trattamento laser su superfici di acciaio inossidabile per la rimozione di ossido di cromo superficiale e pellicolare, secondo le più recenti ricerche (ancora in parte in corso), è in grado di impedire la formazione di un nuovo strato di ossido come invece succede quando l'asportazione è di tipo chimico o meccanico.

Attualmente questa tecnologia è utilizzata per la sverniciatura totale o parziale di componenti di alta qualità intrinseca (settore aeronautico e aerospaziale) ma in futuro si pensa ad un allargamento ad altri settori quali quello di riparazione e riverniciatura automobilistica (compresi autobus), navale e ferroviaria.
La velocità di sverniciatura dipende principalmente dalla lunghezza d'onda del fascio laser, dalla potenza e dalla tipologia e spessore dello strato verniciante, altri parametri influenti possono essere la forma della traccia e il grado di sovrapposizione.
I migliori risultati sono ottenuti quando la lunghezza d'onda del laser è scelta in base all'assorbimento ottimale che si può avere da parte della superficie e non dal liquido o dal contaminante.
Le superfici necessitano di una preparazione minima così come di attività di rifinitura post processo.
Questa tecnologia risulta ottimale in tutti quei casi in cui altre metodologie rischiano di danneggiare il substrato, si possono notare infatti zone termicamente alterate a causa del calore prodotto dal fascio di luce solo in caso in cui i tempi di esposizione ottimali siano abbondantemente superati.

Descrizione del funzionamento

Il processo di asportazione consiste nella vaporizzazione del contaminante sul quale è concentrata l'energia del laser. Il processo può essere a secco, è altresì possibile bagnare la superficie da trattare con un sottile strato di solvente (acqua, metanolo, etanolo, 2-propanolo) affinché questi, nella vaporizzazione, trascini con se il contaminante, specialmente se costituito da particelle. La miscela acqua/etanolo 9:1 risulta molto efficace grazie alla elevata pressione di vapore dell'acqua che consente il surriscaldamento della superficie, e all'alcol che permette una migliore bagnabilità della superficie da trattare. Solitamente viene utilizzato anche un gas di copertura (comunemente azoto). Le sorgenti laser possono essere sia portatili che fisse.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Questa tecnologia permette di ridurre fortemente gli impatti ambientali dei processi di sverniciatura e rimozione di contaminanti in quanto non viene solitamente fatto alcun uso di sostanze chimiche e la produzione di rifiuti è limitata al materiale vaporizzato. Per quanto riguarda le emissioni atmosferiche esse possono contenere COV nel caso in cui si faccia uso di solventi organici nei processi ad umido.
La vaporizzazione del materiale contaminato può avere effetti dannosi sulla salute degli addetti, così come l'evaporazione di solventi organici nei processi ad umido. È inoltre importante evitare eventuali danni all'apparato visivo a causa del laser.

Aspetti economici

Questa tecnica relativamente nuova e in parte ancora in fase sperimentale risulta alquanto costosa in termini di tempo e denaro.

Centro laser
Centro di ricerca e trasferimento tecnologico
Strada prov. per Casamassima Km, 3
70010 Valenzano (BA) - ITALY
Tel: +39-80-4674314; Fax: +39-80-4674457

4.3.15 UV/Ozono

Campo di applicazione

La tecnica a UV/Ozono è utilizzata per rimuovere sottili film di contaminante organico nel trattamento di superfici vetrose e cristalline come allumina, gallio, arseniuro, silicone, fosfuro d'indio, quarzo e vetro. Il rendimento è dell'ordine di 5-10 angstroms/min e generalmente lo spessore del film di contaminante da rimuovere non deve superare i 100 angstroms. Poiché il processo dipende dall'esposizione del pezzo alla luce ultravioletta l'efficacia risulta superiore per superfici piane. La distanza del pezzo dalla sorgente UV è una variabile importante e dovrebbe essere compresa tra 4 – 10 mm. Questa tecnica è anche utilizzata come processo di finitura per ottenere livelli di pulizia più elevati o per migliorare le proprietà adesive della superficie. Non è invece adatta alla rimozione di ossidi, sali o particelle di contaminante. La luce ultravioletta può causare l'ossidazione di alcuni metalli anche in relazione alla durata dell'esposizione. L'alluminio acquista una colorazione giallastra a causa dei raggi UV che scompare però in seguito a riscaldamento del pezzo a temperature di 150-170 °C.

Descrizione del funzionamento

Il processo si basa sull'ossidazione delle sostanze organiche ad opera dei raggi UV e dell'ozono. L'energia UV è emessa dalla lampada a due lunghezze d'onda: 185 nanometri (nm) e 254 nm. L'energia emessa a 185 nm è assorbita dall'ossigeno atmosferico con produzione di ozono che risulta efficace nell'ossidazione dei composti organici. Quella a 254 nm è assorbita dal materiale organico, aumenta la sua attività molecolare e ne facilita l'ossidazione da parte dell'ozono. Quest'ultimo può essere anche introdotto da una fonte esterna. Una

volta che i fotoni emessi dalla sorgente UV rompono i legami chimici del contaminante, un successivo soffio di gas inerte rimuove i reattivi.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Il processo si svolge in una camera detta "forno" (oven) che ha la duplice funzione di contenere l'ozono e di proteggere gli operatori dalle radiazioni UV. Sia l'ozono che le radiazioni UV sono infatti dannosi per la salute. Sarebbe inoltre importante prevedere misure atte a prevenire la rottura delle lampade e conseguente fuoriuscita di mercurio. Non si ha produzione di rifiuti.

4.3.16 Lampade flash allo xenon

Campo di applicazione

Si tratta di una tecnica utile alla rimozione di rivestimenti (es. vernice, altri strati protettivi) da metalli o da materiali compositi, che non danneggia e dei quali è possibile lasciare intatto il fondo e l'eventuale cromatura. È utilizzata nella sverniciatura di superfici ampie e piane come quelle degli aerei per le quali ha un ottimo rendimento (0,093 – 0,37 mq/min) mentre non è molto efficiente per il trattamento di superfici dalla geometria complessa. Alle volte sono utilizzati, in combinazione, i pellets di CO_2 nella duplice funzione di raffreddamento del substrato passibile di danneggiamento e di rimozione del materiale di rivestimento vaporizzato.

Descrizione del funzionamento

Un tubo al quarzo riempito con gas xenon è elettricamente stimolato 4/6 volte al secondo per emettere brillanti scariche di luce. La sorgente di emissione è posta a pochi centimetri (la distanza ottimale è di 3,8 cm) dalla superficie da trattare, l'energia contenuta nell'impulso luminoso è assorbita dal rivestimento superficiale che riscaldandosi va incontro a dilatazione termica e rottura dei legami fino a completo distacco. Ogni impulso luminoso rimuove circa 1 mm di rivestimento.

Aspetti ambienti e di sicurezza

Durante il processo il rivestimento è trasformato in gas (che può essere necessario trattare attraverso filtrazione o adsorbimento) e fine particolato scuro che rappresenta l'unico rifiuto.
Gli operatori devono adottare dispositivi di protezione per l'udito.

4.3.17 Termosverniciatura

Campo di applicazione

Questa tecnica è utilizzata per la rimozione di rivestimenti a base di idrocarburi da metalli con punto di fusione maggiore ai 480 °C. Il controllo della velocità di riscaldamento – raffreddamento è necessario per alcuni materiali (es. leghe di alluminio) al fine di evitare deformazioni.

Descrizione del funzionamento

Il processo di strippaggio a caldo permette di vaporizzare e decomporre completamente gli strati superficiali da rimuovere, esso si compone in due fasi: nella prima i pezzi sono caricati in un forno di pirolisi nel quale vengono riscaldati in atmosfera controllata (carenza di ossigeno) fino a raggiungere la temperatura di volatilizzazione (120 – 200 °C); nella seconda fase sono fatti surriscaldare in un post-bruciatore a 315 – 370 °C affinché avvenga una completa decomposizione. L'intero processo necessita in media di 4 ore per ciclo.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

La tecnica si basa su un processo di combustione, l'interazione ambientale che più di altre risulta impattante è quella delle emissioni atmosferiche. Il post combustore deve poter garantire una completa ossidazione dei fumi le cui concentrazioni di inquinanti non dovranno superare i limiti stabiliti. Rivestimenti che contengono cloro o fluoro devono essere evitati in quanto la loro combustione genera acidi corrosivi e diossine.
I consumi energetici necessari al funzionamento del forno di pirolisi e del post combustore possono essere significativi.

Esempi applicativi

Albertini di Albertini Pierangelo S.n.c.

Fonte: Ervet S.p.A. "La riduzione dei Composti Organici Volatili attraverso interventi integrati nelle imprese e nel territorio della Provincia di Forlì Cesena"

Dati aziendali

Albertini di Albertini Pierangelo S.n.c.

Via Prov.le Santa Croce, n.599. 47032 Bertinoro (FC)

Tel. 0543/448117.

Attività: produzioni articoli di ferramenta per montaggio di scuri e finestre.

Innovazione tecnologica adottata

L'azienda Albertini utilizza per la verniciatura prodotti in polvere e per la pulizia degli uncini che trattengono il pezzo da trattare un impianto di termosverniciatura.

Motivi dell'innovazione

Verniciatura: l'azienda utilizza vernici in polvere da 23 anni in quanto, grazie alle migliori caratteristiche di resistenza, sono in grado di fornire al pezzo una maggiore durata nell'esposizione agli agenti meteorologici.

Termosverniciatura: l'esigenza di un impianto di termosverniciatura automatico è risultata dalla necessità, dato l'aumento del carico di lavoro, di economizzare tempo e manodopera; la sverniciatura, prima costituita da decapaggio e lavaggio a pressione risultava infatti piuttosto lunga e soprattutto necessitava di continua presenza dell'operatore che ora, con l'impianto di termosverniciatura, è limitata alle fasi di carico e scarico.

Aspetti tecnici

Verniciatura. L'azienda utilizza vernici in polvere poliuretaniche applicate attraverso un sistema automatizzato (l'unica fase manuale è quella di carico e scarico dei pezzi dai ganci di trattenimento) di pistole elettrostatiche. La cottura in forno dura 20 min ad una temperatura di 180 °C.

Termosverniciatura. Questa operazione ha lo scopo di togliere la vernice accumulatasi sui ganci utilizzati per trattenere i pezzi durante la verniciatura, che, a causa dell'isolamento prodotto, non permettono una corretta messa a terra dei pezzi da trattare. L'impianto è composto da una camera – forno dove vengono posti i ganci sovrastata da un post-bruciatore entrambi alimentati da metano. Il ciclo di sverniciatura inizia con il riscaldamento del post bruciatore che, una volta arrivato alla temperatura di 950 °C dopo circa 15 min, permette l'accensione automatica della camera – forno. Il ciclo di combustione dura dalle 4 alle 5 ore attraverso diversi stadi a temperature differenti; la massima raggiunta è intorno ai 500°C. l'impianto è completamente automatico se si escludono le fasi di carico e scarico.

Vantaggi economici e operativi

Per quanto riguarda la verniciatura l'utilizzo di prodotti in polvere è giustificato dalle ottime performance di resistenza in ambiente esterno che queste vernici forniscono ai prodotti dell'azienda.

Per quanto riguarda invece l'acquisto dell'impianto di termosverniciatura i maggiori vantaggi ottenuti sono stati:

- Riduzione dei tempi e dell'impiego di manodopera per l'attività di sverniciatura;
- Gestione delle acque di scarico provenienti da attività di decapaggio e pulizia ad alta pressione non più necessaria.

4.3.18 Rimozione in letto fluido

Campo di applicazione

Questa tecnica integra un sistema di combustione con uno di abrasione. È utilizzato per rimuovere vernice, colori e plastiche. Rispetto ad altri sistemi (es. a combustione, stripping chimico) la rimozione in letto fluido evita la deformazione dei pezzi trattati, la corrosione e altri tipi di danneggiamenti.

Funzionamento

Un letto fluido consiste in una massa di particelle solide fini (es. granuli di silicati) separate e mantenute in sospensione da un flusso di gas. I granuli sospesi sono riscaldati e mantenuti ad una determinata temperatura grazie ad un bruciatore. Il pezzo da trattare è immerso nel letto fluido ad una temperatura, uniforme, di 420 – 450 °C, qui avviene la combustione di depositi di vernice, colore, plastiche. Il materiale granulare, mantenuto in movimento dal flusso gassoso, permette il distacco e rimuove per abrasione le ceneri.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Al di sopra del letto fluido si ha una completa combustione degli effluenti organici, i fumi prodotti non necessitano quindi solitamente di trattamenti. La combustione completa porta alla formazione di CO_2. Le ceneri di combustione, abbattute tramite cicloni, sono gli unici rifiuti del processo e devono essere smaltite.

Fornitori di tecnologie e impianti per lo strippaggio a caldo e la sverniciatura a letto fluido

Ciroldi S.p.A. Officine Meccaniche
tecnologie per l'uomo e per l'ambiente

Strada Nazionale per Carpi, 1591
41010 Ganaceto - Modena - Italia
tel.: +39 059 386012 fax: +39 059 386215
Divisione Inox - 41010 Ganaceto - Modena - Italia
tel.: +39 059 386012 fax: +39 059 386215
Home page: www.ciroldi.it

OFFICINE FORONI
di Foroni Alvaro & C. snc
Via Lussemburgo, 9 - 41100 Modena - ITALY
Tel. +39 059 313.411 - Fax +39 059 317.147
home page: www.foroni.it; e-mail: info@foroni.it

CANGI V.I.
Via A. Volta, 2 - Zona Ind.le - 06010 Pistrino (PG)
Tel e Fax (075) 859.22.32 r.a
home page: www.cangi.com; e-mail: info@cangi.com

Contoterzisti

ABL TECHNIC Ecosverni S.R.L.
Via Brixia Zust, 8
25125 Brescia Italia
Tel. 030 3583727 - Fax 030-2682287

CARPLAST di Carinato Leopoldo
Via San Lorenzo, 44 Loc. Cà Rainati
31020 SAN ZENONE degli EZZELINI - TV
Tel +39 0423 968.190 - Fax +39 0423 968.123
Home page: www.carplast.it

4.3.19 Bagni di sale fuso

Campo di applicazione

I bagni di sale fuso operano a diverse temperature (290 – 480 °C) dipendentemente dal tipo di sale usato. A temperatura più bassa questa tecnica è utilizzata per il recupero di pezzi difettosi o per la sverniciatura necessaria alla manutenzione di pezzi, apparecchiature, etc. A più alte temperature sono invece utilizzati per eliminare gli accumuli più resistenti che si formano su uncini e cremagliere. Qualsiasi tipo di rivestimento

organico può essere rimosso compreso nylon, poliestere, rivestimenti epossidici e fluoropolimerici. I tempi di trattamento sono dell'ordine di pochi minuti. Con i bagni di sali fusi non è possibile trattare metalli con basso punto di fusione come il magnesio e alcune leghe.

Descrizione del funzionamento

Il processo si basa sull'azione dell'intenso calore esercitato dai sali fusi sui rivestimenti organici. La temperatura del bagno varia da 290 a 480 °C dipendentemente dal tipo di sale usato. Si può variare la miscela dei sali in modo da regolare la temperatura del bagno.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

I pezzi trattati sono raffreddati e sciacquati, ciò genera un flusso d'acqua contaminata il cui pH può essere necessario aggiustare prima dello scarico.

I rifiuti prodotti dal processo sono costituiti da carbonati ed altri composti inorganici contaminati, durante il processo, dai residui rimossi.

Per quanto riguarda le emissioni atmosferiche potrebbe essere necessario istallare un sistema di abbattimento dei vapori generati dal bagno.

Le maggiori preoccupazioni in tema di sicurezza dei lavoratori riguardano il possibile contatto con materiale ad alte temperature.

4.3.20 Processo criogenico con utilizzo di azoto liquido

Campo di applicazione

Questo processo di sverniciatura, che può essere realizzato in continuo e completamente automatizzato, è in opera dal 1990. È utilizzato congiuntamente a sistemi di abrasione (es. particelle plastiche) necessari alla rimozione della vernice rotta per l'azione dell'azoto liquido. Non risulta particolarmente indicato per sverniciare superfici sottili ed è meno efficiente con epossidi e uretani. La cabina entro la quale sono posti i pezzi e l'azoto liquido limita le dimensioni delle parti che possono essere trattate.

I pezzi trattati con questa tecnica hanno un periodo di vita 5 volte maggiore di quelli prodotti con altri processi.

Descrizione del funzionamento

I pezzi da trattare sono posti in un serbatoio contenente azoto liquido (- 196 °C) che provoca la contrazione del materiale e dello strato coprente. La differente velocità di risposta alla diminuzione di temperatura provoca la rottura della vernice che viene poi rimossa con mezzi meccanici.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

I rifiuti ottenuti in questo processo sono costituiti dalla vernice asportata che può essere utilizzata per la produzione di oggetti in plastica.

Emissioni atmosferiche sono assenti così come l'utilizzo di sostanze pericolose, il consumo idrico e la generazione di reflui.

L'azoto è un gas inerte, alla temperatura di –196 °C è però pericoloso al contatto.

Fornitori

CANGI V.I.

Via A. Volta, 2 - Zona Ind.le - 06010 Pistrino (PG)

Tel e Fax (075) 859.22.32 r.a

home page: www.cangi.com; e-mail: info@cangi.com

Contoterzisti che fanno uso del trattamento criogenico

Sicil Nova s.r.l.

5, via Cerro Tartari

03043 Cassino (FR)

tel. +39.0776.465.227; fax +39.0776.465.227

4.3.21 Indicatori di prestazione ambientale per i sistemi di pulizia e sgrassaggio

La misura degli indicatori ambientali in seguito al cambiamento di un processo produttivo, di una tecnologia, di sostanze o di accorgimenti gestionali risulta opportuna sia in ottica di sistemi di gestione ambientale sia, più in generale, per la valutazione dei risultati raggiunti e dei benefici economici derivati.

Di seguito sono elencati alcuni indicatori di performance ambientale utilizzabili relativi ai processi di pulizia/sgrassaggio.

- Flusso di massa annuale (Kg) di COV da emissioni atmosferiche convogliate /produzione[5]

[5] Con il termine produzione si intende la misura dell'effettivo carico di lavoro relativo al processo di pulizia/sgrassaggio. In relazione al tipo di materiale trattato potrà essere più opportuno utilizzare diversi parametri di misurazione quali il numero di pezzi, la superficie, la massa, o eventualmente, nel caso la durata dei cicli di pulizia sia abbastanza costante, le ore di lavorazione o funzionamento delle macchine.

- Consumo (Kg) di COV/produzione[1]
- Consumo (Kg) di sostanze pericolose[6]/produzione[1]
- Produzione (Kg) di rifiuti legati a processo-tecnologia di pulizia/produzione[1]
- Produzione (Kg) di rifiuti pericolosi legati a processo-tecnologia di pulizia/produzione[1]
- Consumi (m^3) di acqua/produzione[1]
- Consumo di energia (elettrica e derivante da combustibili)/produzione[1]

4.4 PRESENTAZIONE DELLE SOLUZIONI A MINOR IMPATTO PER LA VERNICIATURA

4.4.1 Vernici a base acquosa

Qui di seguito saranno descritte alcune caratteristiche relative ai principali aspetti ambientali, applicativi ed economici comuni alle vernici a base acquosa. Eventuali più specifiche informazioni saranno integrate, nei paragrafi successivi a questa sezione relativi alle diverse tipologie presentate.

Aspetti applicativi generali

Quanto a proprietà chimiche (resistenza chimica, ai raggi UV, etc.) e meccaniche (es. colore, lucentezza, resistenza all'abrasione) molte vernici a base acquosa eguagliano o superano i prodotti tradizionali a solvente.
L'utilizzo di acqua come solvente principale crea però alcuni inconvenienti comuni. La fase di essiccamento è generalmente più lunga e delicata per queste vernici a causa dell'elevato calore latente dell'acqua, per questo motivo sono spesso utilizzati sistemi di essiccamento ad aria forzata o forni e vengono utilizzati co-solventi per velocizzare il processo. Le vernici a base acquosa sono generalmente più sensibili al grado di pulizia del substrato da trattare. Di fatto il solvente presente nei prodotti convenzionali è in grado di dissolvere eventuali tracce di oli o grassi mentre ciò non succede con i prodotti a base acquosa; il substrato dovrà essere completamente sgrassato e dovranno essere rimosse ogni traccia di ruggine e particolato, pena la formazione di crateri e bolle e una minore bagnabilità del substrato, caratteristica quest'ultima più difficile da ottenere a causa dell'elevata tensione superficiale dell'acqua.
La scelta di un co-solvente in una vernice ad acqua può essere quindi cruciale per evitare tali difetti. Sarà inoltre importante evitare che il pretrattamento lasci residui (es. macchie, aloni, striature) che sono

[6] Il concetto di pericolosità potrà essere applicato tenendo conto delle peculiarità della situazione e del tipo di produzione. Si potrà per esempio considerare pericolose sostanze mutagene, cancerogene o dannose per il sistema riproduttivo (etc.) e non per esempio

normalmente dissolti dalle vernici tradizionali ma che dopo la verniciatura con prodotti a base acquosa possono diventare visibili. I sistemi di pulizia/sgrassaggio delle superfici da trattare con vernici a base acquosa comunemente includono un trattamento con soluzione alcalina, un risciacquo, fosfatazione e infine un ulteriore risciacquo con un passivatore di corrosione.

Una volta terminato il processo di pulizia le superfici potranno essere seccate naturalmente, con l'ausilio di aria forzata o in forni, in relazione alla composizione del materiale e dalle esigenze di spazio e produzione. Il sistema dovrà essere dotato di aspirazione, che convogli i vapori di solventi e acqua, e un sistema di ricircolo del calore per una migliore uniformità della temperatura.

Poiché infine si tratta di prodotti poco tossici alcuni prodotti vernicianti all'acqua, se non stoccati correttamente, sono passibili dell'attacco di microrganismi (funghi e batteri).

Aspetti ambientali e di sicurezza comuni

In questi prodotti gran parte della frazione solvente è costituita da acqua, ciò riduce significativamente la concentrazione di composti organici che raggiunge anche valori del 4 – 5%. Grazie a questa caratteristica possono essere contenuti i costi di acquisto e gestione del sistemi di abbattimento (es. carboni attivi, post-combustore). A questo si aggiunge che questi prodotti sono meno tossici e con caratteristiche di bassa o nulla infiammabilità. La maggior parte delle vernici a base acquosa sono inoltre inodori.

Per quanto riguarda la sicurezza è consigliato per il loro stoccaggio, in conseguenza dell'elevata conducibilità, la scelta di un luogo isolato elettricamente o nel quale sia istallato un sistema di bloccaggio della corrente.

Infine è da notare che, benché contengano una limitata concentrazione di COV, le vernici a base acquosa mostrano generalmente contenuti maggiori di altri inquinanti atmosferici.

Aspetti economici

Normalmente gli investimenti necessari all'istallazione di un impianto di verniciatura con prodotti a base acquosa sono minori rispetto a quelli necessari per impianti di verniciatura con prodotti in polvere: A questo è possibile aggiungere che gli impianti per la verniciatura con prodotti convenzionali possono essere compatibili con l'utilizzo di prodotti a base acquosa; in particolare, in questo caso, sarà opportuno però accertarsi che l'impianto sia costruito in materiale non suscettibile all'azione chimica dell'acqua.

Il ridotto rischio di incendio e di malattie professionali si traduce in minori costi assicurativi per le aziende.

sostanze solo irritanti, o ancora ci si potrebbe focalizzare sulle sostanze infiammabili o esplosive nel caso in cui tali rischi sussistessero seriamente.

4.4.1.1 Vernici acriliche in dispersione acquosa a base epossidica

Per quanto riguarda le proprietà chimiche e meccaniche le vernici acriliche a base epossidica eguagliano, se non superano, vernici a base solvente epossidiche e uretaniche. Hanno un'ottima resistenza alla corrosione così come ai fluidi idraulici, ai fluidi meccanici (es. del freno), agli oli da taglio e lubrificanti, all'acqua e ai solventi. Sono caratterizzate da buona resistenza alla luce ultravioletta e mostrano lucentezza, ottima ritenzione del colore e resistenza allo sfarinamento. Queste vernici hanno infatti un basso peso molecolare prima della polimerizzazione che permette loro di produrre finiture ad alta lucentezza. Il film può andare incontro ad ingiallimento. La componente epossidica migliora l'adesione e la resistenza agli alcali.

Può accadere che residui di co-reagente possano creare alcune difficoltà quali una minore resistenza agli agenti chimici.

Queste vernici ibride possono essere applicate ad acciaio, alluminio, e plastiche. Come succede però per altre vernici a base acquosa il pH di questi prodotti può essere considerato elevato (varia comunemente da 8 a 9,5) per alcuni metalli particolarmente sensibili ad attacchi alcalini.

Campo di applicazione

Sono tipicamente usate in applicazioni dove è richiesta una resistenza agli agenti chimici superiore a quella fornita da una componente puramente acrilica e laddove sono desiderabili sostanze che emettono pochi odori. Sono utilizzate per la finitura di superfici metalliche, dove dimostrano qualità migliori rispetto al lattice acrilico, e nella produzione di macchinari per l'industria.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Stoccaggio

Per quanto riguarda la gestione di questi prodotti è da sottolineare l'importanza di una corretta manutenzione e stoccaggio al fine di prevenire crescite batteriche e/o fungine che potrebbero inficiare la qualità del prodotto.

Le aree di stoccaggio dovrebbero essere protette da un eccessivo calore per prevenire la degradazione della vernice e da temperature troppo basse per evitarne il congelamento; le vernici epossidiche a base acrilica sono comunque stabili in un ampio intervallo di temperatura.

Applicazione

Le vernici acriliche a base epossidica possono essere applicate con i più comuni sistemi ad aria compressa, alle volte però non sono compatibili con i sistemi airless e di atomizzazione mista. L'applicazione deve

avvenire entro 36 ore dalla preparazione della vernice. L'applicazione elettrostatica dovrebbe essere presa in considerazione in quanto le vernici a base acquosa sono altamente conducibili.

È importante che gli addetti siano correttamente addestrati al fine di ottenere una viscosità del prodotto adeguata che può essere modificata attraverso diluizione con acqua. La preparazione richiede una miscelazione precisa delle diverse componenti per la quale esiste una bibliografia documentata di cui il fornitore della vernice potrà dare informazioni utili.

Polimerizzazione

Queste vernici formano legami incrociati che danno origine a film reticolati insolubili. L'essiccamento è, come in molte altre vernici a base acquosa, piuttosto lento e può avvenire a temperatura ambiente oppure attraverso getti forzati di aria calda (<90 °C). Se la polimerizzazione avviene a basse temperature e/o in ambienti molto umidi si può causare la formazione di un film di qualità inferiore.

4.4.1.2 Lattice acrilico in dispersione acquosa

Il lattice è una emulsione acquosa di un polimero organico; la caratteristica principale dei lattici è che utilizzano acqua per fluidificare sostanze che non sono intrinsecamente fluide e solubili in acqua.

I lattici acrilici hanno una buona durevolezza ed una eccellente resistenza alla degradazione da raggi UV. Durezza, flessibilità, resistenza chimica e all'abrasione e altre proprietà fisiche e chimiche derivano dal polimero di base del lattice e da alcune specifiche modificazioni: le miscele acriliche – uretaniche sono per esempio state sviluppate per combinarne i benefici della resina acrilica quali l'elevata lucentezza, la resistenza agli agenti meteorologici, l'economicità e l'ottima apparenza complessiva e del poliuretano che apporta alla miscela polimerica resistenza ai solventi e altri agenti chimici, all'abrasione, flessibilità e forza. Certe vernici a base acquosa acriliche vengono riconosciute, per la resistenza che dimostrano, come alternative alla gomma clorurata, al vinile, ai prodotti a finire alchidici.

Come altre vernici a base acquosa questa vernice è caratterizzata da un ottimo colore e lucentezza che mantiene all'esterno per periodi maggiori rispetto a vernici alchidiche non modificate. È disponibile in un'ampia gamma di colori e tutti i livelli di lucentezza e il livello di finitura è simile o perfino superiore rispetto a quello ottenuto con vernici a base solvente. Il film può andare incontro ad ingiallimento

Le vernici a base di lattice acrilico seccate all'aria hanno una buona durezza, contengono altre sostanze idrosolubili e non volatili come tensioattivi e addensanti che rimangono nel film una volta secco. Queste sostanze possono però percolare via lasciando un film meno continuo e più permeabile.

Può accadere che residui di co-reagente possano creare alcune difficoltà quali una minore resistenza agli agenti chimici.

Campo di applicazione

Le applicazioni riguardano acciaio, alluminio e plastica. In particolare è utilizzata per la finitura di oggetti plastici nel settore medicale e delle macchine industriali, non mancano però applicazioni su metallo e legno. In alcune applicazioni i lattici si dimostrano più tolleranti alle diverse condizioni di applicazione rispetto alle pitture a base solvente, possono inoltre essere applicati su substrati umidi. Sono utilizzati anche come fondi e topcoat quando non sono richieste elevate prestazioni (es. utensili e attrezzature). Come succede però per altre vernici a base acquosa il pH di questi prodotti può essere considerato elevato (varia comunemente da 8 a 9,5) per alcuni metalli particolarmente sensibili ad attacchi alcalini.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Stoccaggio

Per quanto riguarda la gestione di questi prodotti è da sottolineare l'importanza di una corretta manutenzione e stoccaggio al fine di prevenire crescite batteriche e/o fungine che potrebbero inficiare la qualità del prodotto.
Le aree di stoccaggio dovrebbero essere protette da un eccessivo calore per prevenire la degradazione della vernice e da temperature troppo basse per evitarne il congelamento. L'integrità chimica delle emulsioni è, in particolare, fortemente compromessa a temperature di congelamento che possono separare permanentemente i componenti della vernice rendendo insolubile la resina.

Pretrattamento

Le superfici ferrose in mancanza di un fondo valido possono andare incontro a formazione di ruggine.
La pulizia con solvente può non essere sufficiente per superfici contaminate da oli e grassi in quanto il solvente potrebbe creare uno strato oleoso che ridurrebbe l'adesione. Una pulizia con detergenti è considerata una migliore soluzione. Anche metodi di abrasione meccanica (es. spazzolatura, sabbiatura) su superfici lucide possono contribuire a migliorare l'adesione.
Il grado di pulizia per superfici in acciaio ottimale è quello ottenuto da tecniche di abrasione a livello commerciale o alto. Altri metalli richiedono una pulizia con solventi e possibilmente anche una pulizia per abrasione che renda la superficie più ruvida.

Applicazione

Queste vernici possono essere applicate con la maggior parte dei sistemi di spruzzo, è possibile però che non siano compatibili con sistemi airless e ad atomizzazione mista. Queste vernici tendono ad avere una elevata viscosità di applicazione, per questo motivo il prodotto non è atomizzato prontamente come invece succede con le vernici a base solvente. Da un punto di vista del prodotto finito ciò si traduce in una bassa qualità della finitura o in una bassa efficienza di trasferimento. Per ottenere una buona parcellizzazione, nei sistemi ad aria, sono necessarie maggiori pressioni e ciò, come detto in precedenza, riduce l'efficienza di trasferimento anche del 25%.

Diversamente dalle vernici ad alto solido quelle a base acquosa possono essere applicate attraverso immersione e verniciatura ad aspersione. L'applicazione elettrostatica dovrebbe essere presa in considerazione in quanto le vernici a base acquosa sono altamente conducibili.

A seconda del clima locale potrà essere opportuno istallare un sistema di condizionamento per stabilizzare temperatura e umidità negli ambienti di applicazione della vernice.

Se queste vernici vengono conservate, dopo l'uso, in contenitori chiusi il tempo di impiego è molto lungo.

Polimerizzazione

Tra i prodotti a base acquosa il lattice acrilico è caratterizzato da una elevata velocità di essiccamento e temperature di essiccamento basse. L'essiccamento può avvenire all'aria ambiente oppure attraverso getti forzati di aria calda (< 90 °C). Lo strato verniciante matura attraverso una sequenza di fasi precisa: evaporazione del co-solvente, evaporazione dell'acqua, coalescenza delle particelle di resina. Nel caso si tratti di smalto dopo la coalescenza avviene la formazione dei legami incrociati della resina stessa.

Sia la temperatura ambientale che l'umidità influenza il tempo necessario all'essiccamento per le variazioni apportate alla velocità di evaporazione dell'acqua. In aree in cui l'umidità è bassa l'essiccamento all'aria è rapido, al contrario umidità elevata o temperature particolarmente basse potranno rendere necessario l'utilizzo di un sistema di essiccamento con aria forzata. L'essiccamento di questo tipo di vernice a basse temperature e/o in ambienti molto umidi può causare la formazione di un film di qualità inferiore.

Nei lattici acrilici l'essiccamento del film non produce cambiamenti di natura chimica, le caratteristiche del polimero originale quali la durezza, la flessibilità, la resistenza chimica e all'abrasione, etc. vengono mantenute. Il film formato rimane solubile ad ogni solvente in grado di dissolvere il polimero originale.

Recentemente è stato sviluppato un fondo colorato di lattice acrilico a base acquosa in grado di essiccare in un più ampio intervallo di temperatura e umidità, riducendo così la necessità di dover far uso di un sistema di essiccamento a getto forzato e limitando i relativi costi energetici.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Nella formulazione di queste vernici ad acqua sono presenti alcuni co-solventi organici che hanno il compito principale di dissolvere le resine. Questi solventi organici sono idrosolubili: di solito sono utilizzati alcol, chetoni ed esteri.

Le temperature, non elevate, necessarie all'essiccamento di questo tipo di vernice a base acquosa permettono di ridurre i costi energetici e, di conseguenza, la produzione di anidride carbonica (gas serra).

4.4.1.3 Vernici alchidiche in dispersione acquosa

Gli alchidi sono le più comuni resine utilizzate in combinazione con altre per dare la capacità alle vernici di essiccare all'aria. Sono considerate quasi "le vernici per ogni situazione" grazie alle loro complessive buone qualità e il prezzo moderato. Inoltre, grazie al basso contenuto in COV e la facilità di applicazione, sono una scelta ideale quando non è richiesta una durevolezza chimica e fisica particolarmente elevata del film. Le proprietà degli alchidi possono essere migliorate modificandoli con altre resine, per esempio le resine alchidiche-melamminiche danno una maggiore durevolezza ai prodotti a finire e una ottima resistenza agli agenti meteorologici. Le resine alchidiche modificate con stirene hanno una maggiore resistenza chimica, soprattutto agli alcali, rispetto ai puri alchidi.

Queste vernici godono generalmente di una buona resistenza ai solventi e ad altre sostanze chimiche e possono essere utilizzate per applicazioni in interni ed esterni.

Campo di applicazione

Sono ideali per fondi e smalti applicati in immersione e eccellenti come fondi e topcoat in generale per diverse applicazioni. Non sono d'altra parte così durature come i loro equivalenti cotti in forno, le vernici bicomponenti epossidiche e i poliuretani.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

<u>Applicazione</u>

Sono applicate per immersone, tramite tecnica spray (ad aria compressa, airless, mista, HVLP) e sono compatibili con tutti i tipi di pistole elettrostatiche. Sono estremamente versatili in quanto possono essere diluite con acqua per raggiungere la viscosità desiderata. Queste vernici necessitano di una maggiore regolazione della fase di applicazione in modo da trovare le condizioni ottimali di viscosità. Le vernici costituite da un solo componente hanno una durata illimitata dopo essere state preparate, possono poi essere ritoccate e riparate.

Dopo l'applicazione la pulizia delle attrezzature è alquanto facile: flessibili ed equipaggiamento sono puliti con acqua e risciacquati prima con solvente poi con acqua.

Polimerizzazione

Le vernici a base acquosa alchidiche possono necessitare di tempi maggiori per seccare ma la qualità del prodotto finale è similare per lucentezza, distensione, e proprietà di livellamento alle vernici alchidiche a solvente. Possono essere essiccate attraverso l'ausilio di aria forzata ed essere presenti in prodotti a finire da cuocere al forno (es. prodotti a finire alchidici melamminici).

Aspetti economici

Se si escludono le vernici alchiliche melamminiche sono, tra le più economiche vernici a basso tenore di COV.

4.4.1.4 Vernici bicomponenti epossidiche in dispersione acquosa

Le vernici epossidiche formano film forti e duri che dimostrano un'eccellente resistenza all'acqua, ai sali e ad altre sostanze chimiche. Quanto a resistenza alla corrosione sono preferite ai fondi alchidici o alchidici modificati. Sono tra le resine in commercio le più resistenti agli alcali, non hanno invece grande resistenza ai raggi UV e sono suscettibili, in seguito ad esposizione, a sfarinamento. Questo ultimo fenomeno riduce la lucentezza del film ma non è in grado di intaccarne le proprietà chimiche e interferire con l'integrità strutturale dello strato. Il film può andare incontro ad ingiallimento; le vernici epossidiche in generale non dovrebbero essere usate dove l'apparenza è la variabile critica.

In alcune applicazioni sono in grado di eguagliare, se non di superare, le proprietà chimiche e meccaniche delle vernici epossidiche ed uretaniche a base solvente. Hanno un'ottima resistenza alla corrosione così come ai fluidi idraulici, ai fluidi meccanici (es. del freno), agli oli da taglio e lubrificanti e ai solventi. Le vernici epossidiche offrono inoltre un'eccezionale adesione, resistenza all'abrasione e durevolezza. La bassa viscosità permette loro di formare film secchi di spessore minore di 0,025 mm diversamente da quello che succede per vernici ad alto solido o epossidiche a base solvente.

Possono essere utilizzate su un'ampia gamma di substrati. Sono eccellenti fondi grazie alla loro resistenza al calore e all'abrasione e all'eccellente adesione che dimostrano su quasi tutti i substrati. Come succede però per altre vernici a base acquosa il pH di questi prodotti può essere considerato elevato (varia comunemente da 8 a 9,5) per alcuni metalli particolarmente sensibili ad attacchi alcalini, anche deboli.

Gli epossidi sono considerate le migliori resine per fondi che possono essere usate nelle applicazioni industriali. Questi fondi sono, in più, compatibili con molte tipologie di topcoat, specialmente poliuretani (sia a base acquosa che solvente); sono inoltre compatibili con le vernici epossidiche a base solvente. I topcoat

epossidici a base acquosa sono commercialmente disponibili in un'ampia gamma di colori e gradi di lucentezza mentre i fondi sono presenti solo in poche colorazioni.

Campo di applicazione

Le vernici bicomponenti epossidiche a base acquosa sono utilizzate come fondi per gruppi saldati in acciaio, per l'attrezzatura militare, intelaiature in alluminio e acciaio, pannelli in acciaio rullati a freddo e mobili, componenti per automobili (telai, cabine) ed elettrici e per applicazioni aerospaziali. Altre applicazioni di mercato includono anche fondi per mezzi di trasporto (compresa la riparazione) e per attrezzature, nonché produzione di macchine industriali. Quando applicate a substrati di alluminio o acciaio trattato con zinco-fosfato le formulazioni non cromate risultano ottimali. Non sono invece raccomandate quando la corrosione filiforme non può essere tollerata. Residui di co-reagente possono creare alcune difficoltà quali minore resistenza agli agenti chimici.

Le vernici epossidiche bicomponenti sono particolarmente indicate nell'industria navale dove è richiesta un'estrema resistenza alla corrosione e alle avverse condizioni meteorologiche.

Diverse e molto utilizzate sono le resine ibride a base di epossidi: sono usate in particolare per i serbatoi di acciaio, per le tubazioni, per le palificazioni, le impermeabilizzazioni e per il ferro duttile. Gli usi delle *resine ibride epossi-amminiche* includono: acciaio strutturale, interni ed esterni di serbatoi, tubazioni non esposte, macchinari ed equipaggiamenti, muri e pavimenti di cemento, metalli non ferrosi. Gli *epossidi di catrame di carbone* trovano invece applicazione in: serbatoi di acciaio, vasche, strutture ed equipaggiamenti per l'immersione, palificazioni e in altre condizioni altamente corrosive. Infine le vernici con *resine epossi-acriliche* sono utilizzate in applicazioni nelle quali si necessita di particolare durezza, flessibilità e resistenza agli agenti chimici.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Stoccaggio

Per quanto riguarda la gestione delle vernici bicomponenti epossidiche è da sottolineare l'importanza di una corretta manutenzione e stoccaggio al fine di prevenire crescite batteriche e/o fungine che potrebbero inficiare la qualità del prodotto.

Pretrattamento

Il tipo di pulizia dipenderà dal tipo di metallo e di contaminante presente, le più comuni tecniche utilizzate a tale scopo sono la pulizia meccanica, quella con solvente, soluzioni acquose, acide e basiche. Una tra le più

utilizzate comprende un trattamento con soluzione alcalina, risciacquo, fosfatazione e infine un ulteriore risciacquo con un passivatore di corrosione.

Applicazione

Le vernici a base acquosa bicomponenti epossidiche possono essere applicate attraverso diverse tecniche: spray, rullo, pennello, etc. Grazie alla bassa viscosità possono essere applicate con sistemi di atomizzazione ad aria compressa, mista, airless, HVLP e con i diversi sistemi elettrostatici. Sostengono metodi di applicazione a bassa viscosità più a lungo rispetto ad altre vernici ad alto solido, a solvente o multicomponente. L'applicazione elettrostatica dovrebbe essere presa in considerazione in quanto le vernici a base acquosa sono altamente conducibili.

La miscelazione dei due componenti principali (resina e agente polimerizzante) può risultare difficoltosa a causa della elevata viscosità. Successivamente alla miscelazione segue il processo di indurimento del film verniciante. Il tempo di impiego è variabile da formulazione a formulazione (generalmente 6 – 8 ore).

Nel caso in cui siano utilizzate elevate quantità di vernice o quando la durata della stessa, una volta preparata, sia molto limitata, può essere vantaggioso usare un sistema spray pluri-componente. In questo tipo di sistema il singolo componente è stoccato separatamente e alimenta la pistola in una linea dedicata. Ogni componente è dosato da un miscelatore nelle esatte proporzioni cosicché è eliminata la necessità di una pre-miscelazione e viene ridotta la produzione i rifiuti. A causa della breve durata della vernice una volta miscelata, sarà essenziale l'utilizzo di un miscelatore automatico.

Le vernici epossidiche bicomponenti hanno una sensibilità superiore per le variazioni di temperatura e umidità, per questo possono esserci difficoltà nell'atomizzazione rispetto alla controparte a base solvente.

In relazione alla loro formulazione può essere difficoltosa la pulizia dell'equipaggiamento.

Polimerizzazione

Queste vernici induriscono ad una temperatura minore di 90 °C. Il processo è veloce anche in ambienti fortemente umidi a patto che sia presente una buona ventilazione.

Ad un'azienda che volesse sostituire una vernice a base acquosa di questo tipo a vernici a solvente la temperatura raccomandata di essiccamento sarebbe variabile tra 16 – 27 °C e l'umidità relativa tra 40% e 70%.

Tutti gli smalti costituiti da vernici epossidiche monocomponenti necessitano di indurire in forno, molte formulazioni necessitano comunque di temperature e tempi di essiccamento tipici del trattamento in forno. Le vernici bicomponenti possono indurire all'aria se non sussiste la possibilità di un trattamento in forno.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

A parte alcune formulazioni specifiche resistenti alla corrosione che contengono cromati molti primer e smalti bicomponenti epossidici a base acquosa sono disponibili ad alta e bassa lucentezza e non contengono piombo, cromati o isocianati. Come accennato nel paragrafo relativo alla tecnica di applicazione una volta miscelate queste vernici hanno un breve periodo di utilizzo, può quindi essere utile, al fine di ridurre la produzione di rifiuti e quindi anche i costi ad essi legati, dotarsi di un miscelatore automatico e di un sistema pluri-componente.
Per quanto riguarda il fattore sicurezza è da notare che la rimozione della vernice dalla pelle dell'operatore può essere difficoltosa.

4.4.1.5 Dispersioni uretaniche a base acquosa

Le vernici poliuretaniche a base acquosa superano spesso la loro controparte a solvente quanto a proprietà di finitura. Le proprietà dei film da esse prodotti sono: spessore elevato, flessibilità, durevolezza e resistenza agli agenti atmosferici nonché resistenza chimica, ai solventi, all'acqua e all'abrasione.
Queste vernici induriscono in film caratterizzati da durezza e flessibilità, eccezionale colore e lucentezza. Non avvengono variazioni di natura chimica durante l'essiccamento e l'esposizione, di conseguenza le proprietà originali sono mantenute nel film secco per lunghi periodi. Residui di co-reagente possono creare alcune difficoltà quali minore resistenza agli agenti chimici. Il film può andare incontro ad ingiallimento.

Campo di applicazione

Le vernici uretaniche possono essere applicate ad un'ampia gamma di substrati quali metalli, legno, fibre tessili, vetro, plastica rigida, pelle e carta. Come succede però per altre vernici a base acquosa il pH di questi prodotti può essere considerato elevato (varia comunemente da 8 a 9,5) per alcuni metalli particolarmente sensibili ad attacchi alcalini, seppur deboli. Molte vernici poliuretaniche non aderiscono bene sui metalli. Alcuni primers possono essere usati per superfici da trattare di dimensioni piccole o medie mentre per superfici più grandi potrebbe essere opportuno far uso di fosfato di ferro o zinco.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

<u>Applicazione</u>

Queste vernici possono essere applicate con i sistemi più comunemente usati. L'applicazione elettrostatica dovrebbe essere presa in considerazione in quanto le vernici a base acquosa sono altamente conducibili.

Sono necessarie più mani di vernici per formare un ottimo film superficiale; è necessario che sia fatta attenzione affinché ci sia adesione tra i diversi strati, il topcoat infatti non tende a dissolvere gli strati precedenti. L'acqua può essere utilizzata per la diluizione e per la pulizia dell'equipaggiamento.

Polimerizzazione

I tempi di essiccamento, abbastanza lunghi, dipendono dalla temperatura e dall'umidità relativa.

4.4.1.6 Vernici alchidiche modificate e acriliche termoindurenti in dispersione acquosa

Questo gruppo di vernici è caratterizzato da ottime qualità, simili a quelle delle vernici poliuretaniche. Hanno ottima durevolezza, seccano in poco tempo, sono resistenti alla ruggine e alla formazione di muffe. Diversamente dalle vernici alchidiche indurite a temperatura ambiente o attraverso getti forzati di aria calda, presentano eccellenti caratteristiche chimiche e fisiche quali la resistenza ai solventi, ad altre sostanze chimiche e ai raggi UV, durezza, buona lucentezza e resistenza all'ammaccamento. Sono caratterizzate da ottimo colore e grado di lucentezza che presentano in una ampia gamma; possono essere utilizzate per migliorare la tessitura del film.

Per quanto riguarda le vernici alchidiche esse mostrano un'eccellente adesione, una buona ritenzione del colore e della lucentezza, una buona resistenza all'abrasione e agli agenti atmosferici, una buona flessibilità e spessore del film. Residui di co-reagente possono creare alcune difficoltà quali minore resistenza agli agenti chimici, il film può andare incontro ad ingiallimento.

Gli smalti alchidici e acrilici a base acquosa induriti in forno raggiungono risultati simili alla loro controparte a base solvente, rispetto ad essi inoltre i primi hanno in più il vantaggio di essere caratterizzati da una temperatura di accensione più alta, i secondi di indurire più velocemente. Gli smalti acrilici inoltre donano un'ottima tessitura anche se non raggiungono un grado di lucentezza molto elevato.

Campo di applicazione

Queste vernici sono raccomandate per il trattamento dei soli metalli, non devono comunque essere utilizzate per substrati sensibili al calore. Come succede però per altre vernici a base acquosa il pH di questi prodotti può essere considerato elevato (varia comunemente da 8 a 9,5) per alcuni metalli particolarmente sensibili ad attacchi alcalini, anche se deboli.

La finitura nell'industria meccanica (acciaio rollato a freddo o a caldo, attrezzatura agricola e da costruzione, etc.) rappresenta la più comune utilizzazione per gli smalti alchidici a base acquosa essiccati a temperatura ambiente. Gli smalti alchidici ad indurimento in forno sono utilizzati per la finitura di metallo incluso OEM

industriale, e altre applicazioni relative alle costruzioni, mentre gli smalti acrilici ad indurimento in forno sono applicati a tutti i substrati resistenti alle alte temperature. L'utilizzo su getti porosi non è consigliato a causa dell'emissione di gas a meno che non siano prese speciali precauzioni, non sono inoltre applicabili laddove i pezzi hanno una tolleranza dimensionale molto limitata e sono sensibili alla deformazione.
Sono utilizzate nelle linee di produzione di computer, macchine da lavoro, impianti per l'illuminazione, apparecchiature, industria automobilistica, rocchette, etc. Possono essere utilizzate per le applicazioni di manutenzione industriale su acciaio, cemento, fibra di vetro, alluminio, acciaio galvanizzato, per riverniciature, per interni ed esterni. Sono disponibili fondi e topcoat anche se possono in alcuni casi essere applicate senza il fondo.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Pretrattamento

Tra le tecniche di pulizia raccomandate c'è il lavaggio ad alta pressione. Il pretrattamento per i substrati da trattare con smalti acrilici ad alto solido termoindurenti applicati con spray elettrostatico dovrebbe includere 5 fasi: lavaggio chimico, risciacquo con acqua, applicazione di fosfato di ferro o zinco, un successivo risciacquo con acqua seguito da un ulteriore risciacquo chimico.

Applicazione

Queste vernici possono essere applicate attraverso una delle seguenti tecniche: spray airless, pennelli e rulli. L'applicazione elettrostatica dovrebbe essere presa in considerazione in quanto le vernici a base acquosa sono altamente conducibili. La diluizione con acqua non è richiesta né raccomandata.
Diversamente da altre vernici che, una volta miscelate devono essere utilizzate entro un determinato tempo, tale problema non si presenta in questo caso in quanto si ha a che fare con vernici a singolo componente.
È possibile fare ritocchi e riparazioni, è comunque consigliabile prima valutare il risultato del lavoro attraverso test. I ritocchi inoltre possono necessitare di una nuova cottura o dell'utilizzo di una vernice ad essiccamento all'aria. L'applicazione degli smalti alchidici da forno normalmente non crea grossi problemi.

Polimerizzazione

Tali vernici, cotte al forno per l'indurimento, necessitano di temperature tra i 93 – 204 °C per più di 10 minuti. Se il substrato è mantenuto in forno per troppo tempo è possibile che il colore cambi. Vernici alchidiche modificate e acriliche dovrebbero essere indurite in forni a meno di 90 °C, il tempo di essiccamento è in questi casi più lungo.

4.4.1.7 Vernici bicomponenti silicone-acriliche in dispersione acquosa

Queste vernici combinano le qualità degli acrilati e del silicone permettendo di ottenere proprietà del film superiori e limitando i difetti che normalmente si riscontrano nelle vernici a base acquosa, come queste ultime mantengono comunque un eccellente colore e lucentezza. Residui di co-reagente possono creare alcune difficoltà quali minore resistenza agli agenti chimici, inoltre il film può andare incontro ad ingiallimento.

Campo di applicazione

Sono applicate a diversi substrati quali metalli e plastiche, è da notare però che, come succede per altre vernici a base acquosa, il pH di questi prodotti può essere considerato elevato (varia comunemente da 8 a 9,5) per alcuni metalli particolarmente sensibili ad attacchi alcalini.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Applicazione

Trattandosi di un sistema che utilizza una vernice bicomponente molta attenzione dovrà essere data alla fase di miscelazione poiché una volta miscelati i componenti il tempo di impiego del prodotto è limitato. L'applicazione elettrostatica dovrebbe essere presa in considerazione in quanto le vernici a base acquosa sono altamente conducibili.

Polimerizzazione

Possono essere essiccate a temperatura ambiente o attraverso getti d'aria forzata, generalmente necessitano di lunghi tempi di essiccamento.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Poiché si tratta di una vernice bicomponente, caratterizzata quindi da un breve periodo di impiego, sarà opportuno individuare la migliore soluzione relativa alla miscelazione e all'applicazione al fine di ridurre la produzione di rifiuti e il consumo di prodotto.

Esempi applicativi

BBS-Riva S.p.A.

Fonte: Ervet S.p.A. Promozione dello sviluppo sostenibile in Emilia Romagna: progetti integrati per la diffusione dell'EMAS e delle Cleaner Production e per l'informazione e l'educazione ambientale.

Dati aziendali

BBS-Riva S.p.A. - Via Collegio, n.10. Rho Ferrarese (FE) -

Attività: l'azienda si occupa della produzione e commercializzazione di cerchi in lega d'alluminio per diverse case automobilistiche.

Innovazione tecnologica adottata

L'azienda effettua tre stadi di verniciatura che avvengono completamente in automatico; nel primo stadio viene applicato, come fondo, con verniciatura elettrostatica, un prodotto in polvere; nel secondo è applicata una vernice a base acquosa e infine, nell'ultimo stadio, dopo una breve passivazione, è utilizzato un topcoat ad alto solido.

In occasione della fiera "Ecocoating" svoltasi a Verona nel settembre 2000 la rivista "Verniciatura Industriale" ha assegnato a BBS S.p.A. il premio "Ecotop 20" per essersi distinta nell'utilizzazione di prodotti e tecnologie all'avanguardia nel rispetto per l'ambiente.

Motivi dell'innovazione

Nel 1999 l'azienda decise di sostituire, nel secondo stadio di verniciatura, un prodotto a solvente con uno ad acqua. Una scelta non semplice se si considera che era la prima nel settore e che, con l'esclusione dei dati forniti dalle prove di laboratorio (portate avanti dall'azienda insieme alla ditta fornitrice) non esistevano informazioni, relative a casi reali, sulla tenuta nel tempo e nelle condizioni specifiche delle principali proprietà fisiche e chimiche del complesso verniciante.

I principali motivi che spinsero BBS S.p.A. alla scelta di un prodotto a minore impatto ambientale furono, in particolare, due:

- I costi complessivi relativi all'investimento iniziale e alla gestione di un sistema di abbattimento a carboni attivi (rigenero, rifiuti liquidi) o di un post combustore (consumo energetico) furono

valutati significativamente più onerosi rispetto al rinnovamento degli impianti e ai maggiori costi per il prodotto verniciante a base acquosa;

- La sempre maggiore sensibilità verso i temi ambientali di diverse case automobilistiche, soprattutto del nord Europa (Peugeaut, Volkswagen, etc.), ha rappresentato un ulteriore molla per BBS S.p.A. per orientare la propria produzione in senso più sostenibile.

Aspetti tecnici dell'innovazione

1° Stadio: in questa prima fase viene applicata come fondo una vernice in polvere (epossi poliestere) attraverso un sistema automatizzato di pistole elettrostatiche. In corrispondenza del punto di applicazione è presente un'aspirazione che depura l'aria (ciclone e filtro a maniche) in uscita e recupera l'over spray che è riutilizzato. La polimerizzazione avviene in forno ad una temperatura di 190 – 200 °C per circa 20 min.

2° Stadio: attraverso tecnologia HVLP è applicata una vernice a base acquosa (acrilico melamminica) contenente una concentrazione di COV di circa il 10%. Il pezzo passa quindi ad una fase di appassimento dove i solventi presenti nella vernice sono recuperati come combustibile delle lampade catalitiche (a gas) che portano la temperatura dell'aria nell'appassitore a circa 80°C velocizzando la reazione di parziale polimerizzazione dello strato.

3° Stadio: un topcoat trasparente ad alto solido acrilico (40-45 % di COV) è infine applicato con un sistema ad aria compressa, il prodotto è riscaldato in modo da ridurre la viscosità ed evitare di diluire con solvente.

Sia nel secondo che nel terzo stadio è presente un sistema di abbattimento ad umido dotato di sistema di ricircolo e riutilizzo dell'acqua (che viene sostituita due volte al mese durante la manutenzione).

Il pezzo entra in forno per l'essiccamento dove sosta per circa 20 min ad una temperatura di circa 170°C.

Fornitori di vernici a base acquosa

Tecnocolor S.R.L.
Via G. Marconi 10/12 (Quartiere Zingone) 20090 Trezzano sul Naviglio (Mi)
Telefono: 02-48403129; 02-4453274; 02-4451897; Fax: 02-4452634
e-mail: info@tecnocolorsrl.it

Inver S.P.A.
Via di Corticella, 205
40128 Bologna (Bo)
Tel 051/6380411; Fax 051/322000
Home page: www.inver.it

Polaris S.R.L.
Via della Meccanica n°8 - 36016 THIENE - Vicenza – ITALIA
Tel. +39 0445 380800 (r.a.); Fax +39 0445 364520
Home page: www.polarisvernici.it
Email: vendite@polarisvernici.it

Verlot S.R.L.
Via dei Lecci 6 - loc. Pian dei Peschi - 53036 Poggibonsi - Siena - Italia -
Tel.: 0039 (0)577 979050 Fax: 0039 (0)577 979372
Email:info@verlot.com

Sestriere Vernici S.r.l.
Via Quarto 11
10042 Nichelino (TO)
Tel. 00 39 011 625562; Fax 00 39 011 6800835

4.4.2 Vernici ad alto solido

Le vernici ad alto solido sono prodotti mono o bicomponenti caratterizzati da un contenuto di sostanza organica volatile minore rispetto ai prodotti tradizionali. Le concentrazioni di volatili si attestano comunemente intorno al 40-50% (valori minori si trovano in vernici ad alto solido a base acquosa) e dipendono comunque dal sistema legante. Questi prodotti si contraddistinguono, pur contenendo un alto residuo secco, per la bassa viscosità che è possibile ridurre ulteriormente in modo significativo con piccoli incrementi di temperatura (per questo sono utilizzati spesso riscaldatori) evitando quindi diluizioni con solventi in fase di utilizzo. Le prestazioni meccaniche e di resistenza dei film prodotti da vernici ad alto solido sono comparabili con quelle dei prodotti convenzionali.

I problemi più comuni che è possibile riscontrare con queste vernici sono la bassa adesività e la corrosione del substrato spesso causate dalla presenza di ossido di alluminio, ruggine, sporco residuo o da risciacqui insufficienti. Il pretrattamento con fosfato di zinco permette di migliorare notevolmente il grado di adesività, la resistenza all'acqua e alla corrosione da ossigeno. Per il pretrattamento può essere utilizzato anche fosfato di ferro che però dona una minore resistenza alla corrosione e richiede quindi spesso un maggiore spessore.
Da un punto di vista economico è da notare che tali prodotti, avendo un residuo secco maggiore, mostrano anche una maggiore resa di verniciatura.

4.4.2.1 Vernici alchidiche

Le vernici alchidiche, grazie alla loro complessiva ottima qualità ed economicità, sono utilizzate in un'ampia gamma di applicazioni sia come fondi che come topcoat. Sono disponibili in tutti i gradi di lucentezza, in un ampio spettro di tessitura di rifinitura e in un numero elevato di colori; con esse è inoltre possibile trattare la maggior parte dei substrati. Seccano senza intrappolare bolle d'aria e senza insaccature. Offrono un'eccellente adesività e sono relativamente poco sensibili a condizioni di applicazione non ottimali. Inoltre mostrano buona durevolezza e un buon grado di protezione dalla ruggine.
Tra i limiti di questo tipo di vernice ricordiamo che è stata appurata una ridotta resistenza a lungo termine all'esposizione a raggi UV con conseguenti possibili problemi di sfarinamento e scolorimento. È mostrata anche una minima resistenza agli alcali, a solventi e altri agenti chimici e all'immersione in acqua.
Una migliore resistenza chimica è presente invece nelle vernici ibride stirene-alchidiche. Altre caratteristiche come durezza, ritenzione di colore, lucentezza e resistenza alla luce solare possono essere migliorate attraverso la modifica con altre resine.

Campo di applicazione

Non sono consigliate per l'applicazione diretta su zinco o su superfici ricoperte da film contenente zinco: in questi casi dovrebbe essere prima applicato un fondo non alchidico.
Sono comunemente utilizzate per applicazioni su metalli (acciaio strutturale, parti metalliche, macchinari e attrezzature da costruzione e agricole).

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Pretrattamento

Le vernici alchidiche ad alto solido sono meno sensibili al grado di pulizia del substrato rispetto alla maggior parte delle altre vernici.

Applicazione

Le vernici alchidiche ad alto solido possono essere applicate attraverso sistemi convenzionali di atomizzazione ad aria compressa, airless, mista, HVLP, e attraverso spray elettrostatico. Grazie alla loro adattabilità sono utilizzate in linee molto veloci come quelle che fanno uso di campane o dischi elettrostatici.
Difficilmente si riesce a mantenere un film di spessore minore di 0,0381 mm specialmente su geometrie complesse. Tendono ad avere una viscosità maggiore rispetto alle vernici poliuretaniche ad alto solido con la stessa concentrazione di COV. Per alcune formulazioni può essere necessario un riscaldamento in modo da abbassare la viscosità. I ritocchi sono facilmente eseguibili.

Polimerizzazione

Necessitano di molto tempo (circa 6 – 8 ore) per l'essiccamento completo a temperatura ambiente, il processo è più veloce invece in presenza di getti d'aria forzati o forni a temperatura preferibilmente minore di 90°C.
Per velocizzare il processo di essiccamento è possibile far uso di specifici agenti disseccanti. Un agente disseccante è un carbossilato metallico che attraverso una azione catalizzatrice favorisce e velocizza la formazione di legami incrociati dei polimeri delle resine o contribuisce a seccare gli oli presenti nella vernice. Se ne conoscono di tre principali tipologie: agenti disseccanti catalitici chiamati anche agenti disseccanti superficiali o ossidativi, agenti disseccanti polimerizzanti, agenti disseccanti ausiliari.
Altri agenti disseccanti sono costituiti da minerali quali neodimio, zirconio o alluminio (etc.) che lavorano bene anche a basse temperature e elevata umidità relativa.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Le vernici alchidiche e gli smalti alchidici modificati ad alto solido contengono concentrazioni di COV massime intorno al 30 – 40%.

4.4.2.2 Vernici estere epossidiche

Le vernici estere epossidiche ad alto solido, disponibili sia a base acquosa che solvente, formano un film più duro e sono maggiormente resistenti alle aggressioni chimiche rispetto alle corrispondenti vernici alchiliche; hanno inoltre un'eccellente adesività e resistenza alla corrosione.
Sono caratterizzate, d'altra parte, da una minima ritenzione del colore ed essendo molto più sensibili alla radiazione UV vanno incontro a sfarinamento, che si manifesta pesantemente dopo limitate esposizioni a tali

raggi, per questo motivo non possono essere usate come topcoat in applicazioni per l'esterno. Alcuni tipi di formulazioni possono dare fenomeni di ingiallimento.

Campo di applicazione

Queste vernici sono tipicamente applicate su attrezzatura fuoristrada agricola, trasformatori elettrici e perfino nell'industria nautica come fondo.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Stoccaggio

Poiché queste sostanze vanno incontro ad invecchiamento sarà opportuna un'oculata gestione degli stoccaggi per evitare eventuale degradazione del prodotto.

Applicazione

Queste vernici possono essere applicate con tutti i tipi di equipaggiamenti spray (aria compressa, airless, mista, HVLP, etc.). La stabilità delle formulazioni a base solvente è notevole, così come la viscosità a patto che la temperatura sia mantenuta costante. La pigmentazione è facilmente ottenibile attraverso una normale miscelazione.

Polimerizzazione

L'essiccamento può avvenire a temperatura ambiente, i tempi del processo sono ridotti con l'utilizzo di getti d'aria forzata a temperatura minori di 90°C. Le vernici estere epossidiche induriscono per evaporazione seguita da auto-ossidazione. Alcune formulazioni necessitano di agenti disseccanti metallici per terminare completamente il processo.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

La concentrazione di COV è limitata e può arrivare a livelli molto bassi nel caso di vernici ad alto solido a base acquosa.

4.4.2.3 Vernici uretaniche monocomponenti

Come le vernici bicomponenti poliuretaniche, con le quali condividono gli stessi pregi, formano un film di buono spessore e flessibilità, godono di un'eccellente durevolezza e resistenza agli agenti meteorologici nonché allo scolorimento, ai solventi e ad altre sostanze chimiche, all'acqua e all'abrasione. Per queste

caratteristiche di resistenza e flessibilità e per la lucentezza che caratterizza il film prodotto sono tra le vernici più utilizzate. Sono inoltre disponibili in una ampia gamma di tessiture mentre la varietà di colori non è molto vasta.

Campo di applicazione

Grazie alle capacità bagnanti, di penetrazione e adesione (per la quale sono spesso utilizzate come fondo) possono essere applicate ad una grande varietà di substrati quali acciaio, alluminio, plastiche e compositi. In molti casi sono utilizzate sopra fondi epossidici e sono spesso scelte per substrati sensibili al calore quando sono richieste vernici a basso contenuto di COV. Sono utilizzate per verniciare automobili, bus, camion e aerei grazie alla eccellente durevolezza e resistenza agli agenti meteorologici. Sono inoltre tra le vernici più utilizzate in campo militare.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Stoccaggio

Poiché l'indurimento di questa vernice avviene a contattto con l'umidità sarà opportuno limitare quanto possibile ogni contatto con l'acqua, in forma liquida o aeriforme, pena l'inutilizzazione della vernice e la produzione di rifiuti pericolosi. Una volta aperti i contenitori della vernice, è consigliabile chiuderli quanto prima in modo da ridurre l'esposizione all'umidità.

Pretrattamento

Un elevato grado di pulizia da oli e grassi del substrato e dell'equipaggiamento è essenziale perché si abbia una buona adesione al substrato e una soddisfacente qualità del film. Un substrato eccessivamente umido può provocare la formazione di bolle, una limitata adesività e la separazione dei diversi film.

Applicazione

Possono essere applicate attraverso pennelli, rulli, raschiatoi o spray. Come molte altre vernici ad alto solido può essere difficoltoso creare un film di spessore uniforme su pezzi dalla geometria complessa. È necessario evitare qualunque contaminazione di acqua nelle resine e nei solventi.

Il flessibile che porta alla pistola spray e lo spazio vuoto presente nei contenitori della vernice devono contenere aria secca per prevenire una polimerizzazione prematura, a questo scopo può essere utilizzata un'atmosfera composta di azoto. Poiché queste vernici sono monocomponenti non danno problemi di stabilità. Sono possibili ritocchi.

Polimerizzazione

Il processo di polimerizzazione dipende dalla formulazione specifica, dalla presenza di catalizzatori e dalla funzionalità del poliuretano. Queste vernici induriscono in presenza di umidità nell'aria, per questo il tempo necessario a tale processo può essere più lungo in località caratterizzata da bassissima umidità relativa o da temperature particolarmente basse. In relazione all'umidità presente il tempo necessario affinché inizi la reazione può variare da meno di un'ora a diversi giorni, l'umidità influenza anche altre diverse fasi del processo come la miscelazione (è da preferire quella meccanica).

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Le vernici uretaniche ad alto solido contengono un quantitativo di COV limitato (minore del 42%).

Contenendo poliisocianati gli operatori dovrebbero proteggersi dal contatto e dall'inspirazione dei fumi. Tali sostanze, respirate per lunghi periodi, possono creare problemi alle vie respiratorie, soprattutto a quella parte della popolazione ad essi particolarmente sensibile. Ultimamente sono state individuate alcune formulazioni che non contengono isocianati e che sono quindi considerevolmente meno pericolose, per quanto riguarda le prestazioni sono poi pressoché identiche alle formulazioni che ne contengono.

4.4.2.4 Vernici bicomponenti epossidiche

Le vernici bicomponenti epossidiche formano film di buon spessore e durezza caratterizzati da una superiore resistenza all'acqua, al sale e ad altri agenti chimici. Sono tra le resine più resistenti agli alcali. Sono disponibili in un'ampia gamma di colori e livelli di lucentezza, per contro non hanno una buona resistenza ai raggi UV e per questo sono suscettibili a sfarinamento, ciò non influenza comunque le proprietà fisiche del film.

In generale non sono molto usate laddove l'apparenza generale è una variabile critica. Esistono comunque alcuni additivi (es. composti acetilenici) in grado di ridurre la formazione di crateri, buccia d'arancia e altri difetti migliorando così l'aspetto estetico del film senza per questo influenzare negativamente altre caratteristiche.

Campo di applicazione

Possono essere utilizzate su una larga gamma di substrati (metalli, legno, carta, vetro, plastiche, ceramiche, compositi, murature) grazie alla loro ottima adesività alla maggior parte dei substrati e alla resistenza a calore e abrasione; per questi motivi sono ottimi fondi e tra i migliori per le applicazioni industriali. Sono utilizzati nell'industria nautica grazie all'estrema resistenza alla corrosione e alla possibilità di essere applicate con qualunque condizione meteorologica, nonché in altri campi particolari quali costruzioni di ponti, serbatoi e tubazioni per il contenimento di acqua, gas, idrocarburi e attrezzatura per le perforazioni. Mostrano ottime performance nel trattamento di acciaio placcato (zincato, cromato, etc.) e non.

Sono utilizzate anche come adesivi e sigillanti nell'industria elettronica e dell'attrezzatura sportiva dove mostrano un'eccellente forza adesiva, resistenza all'umidità e ai solventi e un minimo grado di contrazione. In ambienti esterni si è notato, per le colorazioni nere o molto scure, una maggiore predisposizione alla formazione di crepe causato dalle forti escursioni termiche.

Le vernici *epossidiche-acriliche* sono utilizzate laddove necessitano film duri, flessibili e con una grande resistenza agli agenti chimici. Dotate di poca flessibilità ma di un'eccellente resistenza agli agenti chimici le vernici *amminiche-epossidiche* polifunzionali sono utilizzate laddove questa qualità rappresenta la variabile principale. Di una minore resistenza all'attacco chimico ma di una maggiore durezza e flessibilità del film sono caratterizzate invece le vernici *epossidiche poliammidiche*.

Infine le vernici *epossidiche miscelate con polveri ceramiche* sono caratterizzate da adesività, flessibilità, resistenza all'abrasione e alla corrosione fuori dal comune e senz'altro superiori a quelle che si possono trovare in altre vernici epossidiche, poliuretaniche e altre vernici a base acquosa; hanno una eccellente resistenza agli acidi, alle basi forti, ai distillati del petrolio e ai solventi, e sono ottimi isolanti elettrici. Vengono utilizzate spesso come topcoat senza bisogno di fondo.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Pretrattamento

La pulizia del substrato e dell'equipaggiamento è importante affinché si abbia una buona adesività e qualità del film ottimali. Il tipo di pulizia richiesto dipenderà dal tipo di metallo da trattare e dalla natura del contaminante, i più comuni tipi di pulizia utilizzati sono quelli meccanici e i lavaggi con soluzioni acquose (acide, alcaline, etc.) e semiacquose.

Applicazione

Le vernici bicomponenti epossidiche sono formate da due principali componenti: una resina epossidica e un'agente polimerizzante come poliammine, poliammidi o polisulfuri. Dopo la miscelazione, che avviene in un rapporto ben preciso, inizia il processo di polimerizzazione; da questo momento, prima dell'applicazione, è possibile sia necessario aspettare 20-30 minuti. Poi la vernice deve essere applicata in un intervallo di tempo che varia dalle 4 alle 6 ore pena l'inutilizzabilità della vernice. Il tempo di impiego della vernice in seguito a miscelazione varia da formulazione a formulazione e può dipendere anche da fattori ambientali (es. è minore se le temperature sono alte). Generalmente questo intervallo di tempo è minore per le vernici che contengono poliammine rispetto a quelle poliammidiche.

Possono essere applicate attraverso i metodi standard: spray, rullo, pennello, etc. Alcune formulazioni possono formare in una sola applicazione film di spessore maggiore di 0,127 mm, difficilmente però è possibile ottenere strati polimerizzati di spessore minore di 0,0381 mm particolarmente in presenza di oggetti di forma complessa.

La viscosità della vernice può essere aggiustata con piccoli quantitativi di isopropanolo o metiletil-chetone, esteri e chetoni possono essere imballati insieme alle resine epossidiche per migliorarne la stabilità nello stoccaggio.

Una miscelazione scorretta, l'applicazione di vernice ritardata o effettuata su overspray secco possono provocare la formazione di crepe. Risulta difficoltoso rimuovere il film una volta polimerizzato.

Polimerizzazione

Se l'essiccamento è effettuato a temperatura ambiente il processo può necessitare di 3 – 5 ore, esistono però alcune formulazioni in grado di polimerizzare completamente in 20 minuti. Nel caso in cui siano utilizzati getti d'aria forzati, ad una temperatura di 65°C il processo dura intorno ai 30 minuti. Questi tempi possono variare significativamente, indicazioni più precise saranno riportate sulla scheda del prodotto specifico. Non dovrebbero essere applicate a temperature minori di 10-16 °C, in questi casi potrà essere opportuno riscaldare l'ambiente artificialmente o modificare la formulazione. Gli agenti polimerizzanti possono andare incontro a reazioni collaterali con alcuni tipi di solventi e plastificanti, ciò impedisce loro di reagire con la resina epossidica, la selezione dei solventi deve essere quindi accurata.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

I contenuti di COV in queste vernici ad alto solido sono limitati (dal 16 – 42%). In alcune formulazioni anti-corrosione sono presenti cromati.

Le vernici epossidiche amminiche polifunzionali, diversamente dalle poliammidiche, possono causare gravi dermatiti a contatto con la pelle per questo sono necessarie severe precauzioni. In particolare le ammine che non hanno reagito, oltre a dermatiti sulla pelle, possono causare infiammazioni alle vie respiratorie se inalate.

4.4.2.5 Vernici bicomponenti uretaniche

Le vernici poliuretaniche offrono un'eccellente durevolezza e resistenza agli agenti atmosferici, ai solventi, all'acqua, ad altre sostanze chimiche e all'abrasione. In particolare sono tra le migliori vernici per quanto riguarda la resistenza chimica e ai solventi.

Formano inoltre un film di buono spessore, durezza e flessibilità e sono disponibili in un'ampia varietà di colori, tessitura e gradi di lucentezza. Solitamente necessitano di un fondo (in particolare sono sovente utilizzati quelli epossidici) che ne migliori l'adesività. Resistono allo sfarinamento e proteggono dai raggi UV e dagli agenti atmosferici. Quando sono utilizzati isocianati aromatici possono invece tendere a scolorire o ingiallire.

Campo di applicazione

Possono essere applicate ad una grande varietà di substrati, tra cui quelli sensibili al calore. Non solo quindi acciaio e alluminio ma anche plastiche, legno, compositi e altri materiali. Grazie alle caratteristiche di durevolezza e resistenza sono molto utilizzate nell'industria dei trasporti per il trattamento di parti di automobili, camion, bus, aerei. Topcoat poliuretanici sono spesso utilizzati su fondi inorganici a base di zinco e su strati intermedi epossidici per formare film resistenti all'abrasione e agli impatti, ai solventi e al calore fungendo inoltre come vernici anti-graffiti. Non sono invece consigliate per oggetti immersi o a prolungato o frequente contatto con l'acqua.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Pretrattamento

È importante mantenere il substrato libero da gocce di acqua pena la formazione di imperfezioni.

Applicazione

Grazie alla relativamente bassa viscosità possono essere applicate attraverso sistemi spray ad atomizzazione airless, ad aria compressa, mista, HVLP o elettrostatica con una difficoltà solo di poco maggiore rispetto ad altre vernici liquide; non sono invece appropriate le tecniche ad immersione o ad aspersione. Come succede per molte vernici ad alto solido può essere difficile formare un film di spessore uniforme su parti dalla geometria complessa. Con questo tipo di vernici sono possibili ritocchi.

Nel caso vengano applicati più strati è importante permettere ai solventi di evaporare completamente dal film. I tempi necessari possono dipendere da molti fattori: la temperatura, la velocità di evaporazione del solvente, lo spessore del film umido, la natura dei pigmenti, il grado di miscelazione dei due componenti. Opportuni test potranno eventualmente dare utili indicazioni a questo riguardo.

L'umidità presente nel luogo di applicazione o presente nella formulazione può causare alcuni problemi come bolle, piccoli alveoli, formazione di un velo opaco e riduzione della lucentezza. Sarà quindi opportuno mantenere i livelli di contaminazione di acqua nella vernice a livelli più bassi possibili (di solito 1 – 2%). Esistono comunque additivi in grado di ridurre o eliminare il problema.

Queste vernici sono composte da un polimero e da un agente polimerizzante (poliisocianato). Dopo la miscelazione, che avviene in un rapporto ben preciso, inizia il processo di polimerizzazione. La vernice deve essere applicata a questo punto entro 4 ore pena l'inutilizzabilità della vernice stessa, il tempo di impiego della vernice in seguito a miscelazione varia da formulazione a formulazione.

Polimerizzazione

Il processo di polimerizzazione può avvenire in un ampio intervallo di temperature da quella ambiente alle alte temperature raggiunte nei forni. Comunemente avviene però grazie all'azione di getti di aria forzata o in forni a temperature tra 66-88°C per 15 – 60 minuti. Il processo di polimerizzazione continua anche per due settimane dopo l'applicazione.

Diversamente dalle vernici epossidiche e dai lattici possono essere usate a temperature inferiori allo zero.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

La concentrazione di COV presente in queste vernici è alquanto bassa attestandosi comunemente intorno al 35%; esistono inoltre formulazioni in cui la presenza di solventi si attesta al 25%. Se estese superfici necessitano di frequenti ritocchi può essere opportuno, al fine di ridurre l'inquinamento, aggiungere solvente ed evitare così la produzione di rifiuti (vernice non utilizzata, materiale di copertura, stracci) e il consumo di diluenti, altre sostanze pericolose e altro materiale necessario.

Come per altre vernici ad alto solido anche in questo caso sono utilizzati chetoni, esteri o alcol per ridurre la viscosità, ciò però aumenta notevolmente la diffusione di odori.

Gli isocianati che non hanno reagito possono creare problemi respiratori se inalati per lunghi periodi. Sono necessarie quindi precauzioni atte ad evitare contatto e l'inalazione di tali sostanze soprattutto in considerazione del fatto che una piccola parte della popolazione ne è sensibile. Sono state comunque introdotte formulazioni in cui l'isocianato è assente, le prestazioni rimangono pressoché identiche.

4.4.2.6 Vernici alchidiche (ad essiccamento in forno)

Diversamente dalle vernici alchidiche polimerizzate a temperatura ambiente o con getti d'aria forzata queste vernici sono caratterizzate da eccellenti proprietà chimico – fisiche tra le quali ricordiamo un'eccellente resistenza a solventi e altre sostanze chimiche, una buona resistenza ai raggi UV, durezza, buona lucentezza e resistenza all'ammaccamento. Sono presenti in una larga gamma di colori e gradi di lucentezza. In generale godono delle stesse proprietà delle vernici alchidiche a base acquosa a essiccamento in forno.

Gli *smalti poliesteri* ad alto solido offrono un'eccellente durezza, una buona resistenza agli attacchi chimici e, applicati in un unico strato, un buon grado di copertura.

Gli *smalti a base di urea-formaldeide* sono caratterizzati da una buona ritenzione del colore, un eccellente colore iniziale e resistenza al calore, all'acqua, al sapone e agli acidi grassi.

Rispetto a questi ultimi gli *smalti a base di melammina-formaldeide* sono più duri, hanno una più elevata resistenza agli agenti chimici e induriscono più velocemente.

Campo di applicazione

Poiché questo tipo di vernici necessita di cottura in forno i materiali trattati non devono essere sensibili alle alte temperature.

Le vernici alchiliche ad essiccamento in forno sono comunemente utilizzate per scaffalature e rastrelliere in acciaio, attrezzatura e mobilio d'ufficio metallico e grandi apparecchiature.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Applicazione

Un pregio degli smalti alchidici è che sono relativamente poco sensibili a condizioni di applicazione non ottimali; a causa dell'elevata viscosità alcune formulazioni necessitano però di riscaldamento prima di essere applicate, in altri casi può essere necessario utilizzare uno speciale equipaggiamento spray; l'applicazione con atomizzazione HVLP dovrebbe essere valutata prima di venir implementata.. Possono essere utilizzate in linee ad alta velocità, gli smalti poliesteri ad alto solido sono applicati per esempio anche attraverso campane o dischi elettrostatici. Con queste vernici è possibile formare film di spessore uniforme di 0,0254 mm.

Come succede con altre vernici ad alto solido può presentarsi il problema della buccia d'arancia.

Infine alcune formulazioni possono imbrattare muri, pavimenti e la cabina di verniciatura formando a temperatura ambiente un film appiccicoso.

Polimerizzazione

In questo tipo di vernici la polimerizzazione è innescata dalla temperatura. Tipicamente il trattamento avviene a temperature di 110 – 176 °C per 45 – 50 minuti.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Generalmente la concentrazione di COV si attesta tra il 27 – 36 %. A causa delle elevate temperature richieste il consumo energetico è significativo.

4.4.2.7 Vernici poliuretaniche bicomponenti

Le vernici poliuretaniche bicomponenti hanno proprietà fisiche fuori dell'ordinario. Sono disponibili in un'ampia gamma di livelli di lucentezza, resistenti alla maggior parte degli oli lubrificanti, da taglio e fluidi idraulici. Il film che si ottiene dalla loro applicazione è caratterizzato da una buona durezza e adesività, è resistente agli ammaccamenti, agli agenti chimici e alla formazione di macchie.

Campo di applicazione

Queste vernici possono essere utilizzate per un'ampia gamma di substrati: superfici metalliche e plastiche (possono essere quindi applicate a manufatti metallici con particolari in altri materiali). Sono applicate ad attrezzatura agricola ed altri macchinari.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Applicazione

Solventi ossigenati come esteri e chetoni sono utilizzati per lo sviluppo di vernici ad alto solido poliuretaniche bicomponenti per ridurne la viscosità. Per l'applicazione possono essere usati i più comuni sistemi di applicazione.

Polimerizzazione

La polimerizzazione avviene sia a temperatura ambiente che con l'ausilio di getti forzati d'aria.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Come altre vernici ad alto solido sono caratterizzate da minori concentrazioni di COV. Sono caratterizzate da una bassissima produzione di odori diversamente dalle vernici che fanno uso dei solventi aromatici come lo xilene. In alcune vernici poliuretaniche bicomponenti può essere presente isocianato, sarà opportuno evitare o comunque minimizzare l'utilizzo di tali vernici.

4.4.2.8 Vernici siliconiche

Le resine siliconiche hanno una eccellente resistenza agli agenti atmosferici, sono caratterizzate da una buona ritenzione del colore e della lucentezza e sono meno inclini a sfarinamento rispetto ad altre vernici. Godono inoltre di ottime qualità isolanti (elettricità) ma sono caratterizzate da una bassa durezza e resistenza

all'abrasione. Le migliori caratteristiche si ritrovano nelle resine siliconiche in cui sono presenti gruppi metilici e fenolici.

La formulazione può essere modificata per migliorare diverse caratteristiche, per esempio una elevata proporzione di gruppi metilici dona alla vernice: repellenza all'acqua, resistenza chimica, agli shock termici, al calore e all'ossidazione, velocità di polimerizzazione, proprietà a basse temperature e flessibilità. I gruppi fenolici allungano la durata a magazzino e migliorano la resistenza a calore e ossidazione, rendono la vernice inoltre meno termoplastica.

Campo di applicazione

I siliconi sono tipicamente applicati ai metalli. I co-polimeri organici siliconici sono utilizzati laddove è richiesta un'eccellente resistenza chimica e agli agenti atmosferici, come serbatoi per lo stoccaggio, vagoni merci, ponti e carri cisterna.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Pretrattamento

Il livello di pulizia delle superfici deve essere molto elevato per garantire una buona adesività dato che le vernici siliconiche sono più sensibili ad un insufficiente preparazione del substrato rispetto ad altre vernici.

Polimerizzazione

Le vernici siliconiche resistenti al calore intenso per polimerizzare necessitano di temperature intorno ai 260°C, a temperatura ambiente invece o alle tipiche temperature dei forni possono essere induriti i copolimeri siliconici organici (siliconici-alchidici, siliconici-acrilici, siliconici-fenolici, siliconici-melamminici). Per quanto riguarda le vernici resistenti alle alte temperature è da sottolineare il fatto che, se non completamente polimerizzate, il substrato può andare incontro a corrosione.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Diversamente da quanto succede per le vernici siliconiche resistenti alle alte temperature, attualmente sono disponibili vernici alchidiche siliconiche e altri copolimeri caratterizzati da basse concentrazioni di COV (circa 42%).

Nel caso delle vernici resistenti al calore il consumo energetico necessario per la loro polimerizzazione può essere elevato.

Fornitori di vernici ad alto solido

Inver S.P.A.
Via di Corticella, 205.
40128 Bologna (Bo)
Tel 051/6380411; Fax 051/322000
Home page: www.inver.it

Tecnover
http://www.tecnover-industry.it
info@tecnover-industry.it

Tecnocolor S.R.L.
Via G. Marconi 10/12 (Quartiere Zingone)
20090 Trezzano sul Naviglio (Mi)
Telefono: 02-48403129; 02-4453274; 02-4451897; Fax: 02-4452634
e-mail: info@tecnocolorsrl.it

ICR Industria Chimica Reggiana
Via Mario Gasparini 7
42100 Reggio Emilia - ITALY
tel. +39 0522 517803; fax +39 0522 51438
E-MAIL: icr@icrsprint.it

Polaris S.R.L.
Via della Meccanica n°8 - 36016 THIENE - Vicenza – ITALIA
Tel. +39 0445 380800 (r.a.); Fax +39 0445 364520
Email: vendite@polarisvernici.it

Sestriere Vernici S.r.l.
Via Quarto 11
10042 Nichelino (TO)
Tel. 00 39 011 625562; Fax 00 39 011 6800835

4.4.3 Vernici in polvere

Le vernici in polvere sono prodotti organici sottoforma di polvere; diversamente dalle vernici liquide nella singola particella è compresa l'intera formulazione che comprende resine, pigmenti e altri additivi. In queste

vernici non sono presenti solventi. Esistono vernici in polvere che, impastate con acqua, formano una vernice liquida che può essere spruzzata. Questo è il sistema più economico e facile per la sostituzione di sistemi a base acquosa che inoltre mantiene tutti i vantaggi ambientali delle vernici a polvere secche.

Le vernici in polvere, diversamente da quelle liquide, vengono normalmente applicate in un solo strato che provvede ad una migliore protezione dei bordi e gode di proprietà fisiche superiori quali prima di tutte un'estrema durezza e resistenza.

In relazione al tipo di resina costituente, la vernice può avere caratteristiche di resistenza chimica ai solventi, alla luce del sole e tutte le altre proprietà chimiche tipiche delle vernici a cui sono richieste alte performance. Sono inoltre resistenti al calore, alla scoloritura e alle scalfitture. Sono disponibili in un discreto range di colori, luminosità e tessiture nonché di livelli di lucentezza. Le nuove formulazioni permettono effetti altamente decorativi tra cui la translucentezza, venature, effetto raggrinzante, colori multipli, ed effetto camaleonte.

Generalmente è difficoltoso applicare film molto sottili se non con speciali formulazioni. L'apparenza globale del film può essere piuttosto scadente se lo spessore è minore di 0,635 mm, in questo caso infatti può sopravvenire la buccia d'arancia. La resistenza a ammaccamenti e scalfitture delle vernici non colorate è, in questo caso, minore se comparata a quella ottenibile con i migliori sistemi con vernici a base solvente.

Film di vernici in polvere troppo sottili possono causare:

- riduzione della resistenza alla corrosione;
- riduzione della resistenza chimica;
- riduzione dell'isolamento elettrico;
- apparenza globale, tessitura, colore e lucentezza inconsistenti o scorretti;
- buccia d'arancia;
- riduzione della copertura dei bordi;
- formazione di alveoli;
- formazione di granuli.

Film di spessore eccessivo possono presentare, d'altro canto, i seguenti problemi:

- riduzione della resistenza all'impatto;
- riduzione di flessibilità;
- riduzione della resistenza alla scheggiatura;
- apparenza globale, tessitura e lucentezza inconsistenti o scorretti;
- buccia d'arancia.

I difetti che si incontrano più frequentemente con le vernici in polvere sono la formazione di alveoli, crateri, granuli e protuberanze. Generalmente tali difetti sono causati da un pretrattamento insufficiente del substrato, incompatibilità della polvere, emissioni volatili dal substrato (degassamento)[7], polvere in cattivo stato, contaminanti della superficie o presenti nell'aria. I difetti di annebbiamento nelle vernici non colorate possono essere causate da un trattamento termico insufficiente o eccessivo, contaminazione della vernice, instabilità della formulazione nei confronti dei raggi UV, non corretta aspirazione dei fumi di scarico dal forno, formulazione impropria. È invece molto raro imbattersi in difetti quali colate, insaccature e gocciolamenti. La contaminazione dell'aria, con le vernici in polvere, è un problema facilmente risolvibile, è infatti possibile, poiché non vi sono solventi, ricircolare e filtrare l'aria nella cabina di applicazione. È importante che la polvere non sia contaminata da altri colori che, una volta seccati sulla superficie, rimarrebbero visibili.
Le vernici trasparenti in polvere possono ingiallire durante il processo di polimerizzazione (questo fenomeno può essere dovuto alla reazione con il fondo); inoltre, benché ultimamente si siano avuti dei miglioramenti a proposito, si possono avere problemi generalmente più gravi quanto maggiore è lo spessore del film.

Le vernici in polvere, tra i pregi che le contraddistinguono, hanno una buona resistenza al calore: esse possono infatti essere applicate a oggetti che, nel corso del loro utilizzo, possono essere sottoposti ad intensi riscaldamenti (fino a 200 °C); particolari tipi di venici in polvere resistono a temperature anche più alte (le polveri al silicone resistono fino a 370-480 °C, mentre sono in fase di sviluppo vernici che resistano a 500 °C).
Lo strato di vernice in polvere aderisce bene al substrato non dando problemi di sfaldamento, scheggiatura, o spellatura come succede per le vernici liquide. Grazie a queste proprietà le parti, dopo essere state verniciate con questi prodotti possono essere lavorate a macchina.

Quasi tutte le resine utilizzate per le vernici liquide possono essere utilizzate anche per quelle in polvere; in genere, comunque, le resine più utilizzate sono quelle epossidiche, acriliche, poliestere e poliuretaniche. Tali resine si suddividono in termoplastiche (fluidificano quando è applicato calore) e termoindurenti (polimerizzano quando è applicato sufficiente calore). Generalmente le vernici termoindurenti sono utilizzate per fini decorativi.

[7] Esistono formulazioni apposite che riducono gli effetti del degassamento.

Le resine più comuni delle polveri termoplastiche sono:

- polietilene;
- polipropilene;
- nylon;
- polivinilcloruro;
- polivinilidenfloruro;
- poliammidi;
- poliesteri termoplastici.

Questi polimeri sono caratterizzati da un elevato peso molecolare, da notevole spessore, flessibilità e resistenza chimica. Difficilmente le polveri termoplastiche sono macinate in particelle fini e mostrano un'elevata viscosità quando scaldate. Sono utilizzate quando necessitano film spessi e dalle eccezionali performance di resistenza.

Le polveri termoindurenti sono invece costituite perlopiù da:

- resine epossidiche;
- resine poliestere;
- resine acriliche

presenti come epossi-poliestere, poliestere TGIC, acrilico-uretaniche, poliestere-uretaniche ed epossidiche.

Le vernici in polvere che polimerizzano a temperature contenute (minori di 149°C) contengono resine epossidiche, epossidiche-poliestere, poliuretaniche e TGIC ed hanno le seguenti caratteristiche:

- epossidiche: induriscono a temperature comprese tra 116 e 119°C, sono disponibili in un ampia gamma di livelli di lucentezza (anche opache) e sono applicabili a molti substrati metallici e non. Possono avere problemi di durata, per cui può essere necessario uno stoccaggio in ambienti refrigerati;
- epossidiche-poliestere: polimerizzano a temperature comprese tra 138 e 149°C e sono disponibili in tutta la gamma di livelli di lucentezza (anche opaco) e tessitura. Possono essere applicate a molti substrati metallici e non, e dimostrano una buona resistenza alla corrosione;
- poliuretaniche: sono caratterizzate da bassa lucentezza ed elevata levigatezza e polimerizzano a 149°C. danno un'eccellente resistenza alla corrosione e durevolezza all'esterno. Ultimamente sono state sviluppate vernici poliuretaniche di elevata levigatezza, lucentezza e tessitura;
- TGIC: le vernici TGIC e poliestere possono polimerizzare a temperature di 135 – 138°C. Sono applicate ad un'ampia gamma di substrati metallici e non a cui donano un'eccezionale protezione

dalla corrosione e durevolezza all'esterno. Sono state sviluppate vernici di questo genere che polimerizzano a temperature di 93°C o meno.

Campo di applicazione

Poiché necessitano di calore per formare il film, le vernici in polvere in generale non sono adatte per il trattamento di substrati sensibili alle alte temperature. Sono utilizzate perlopiù per il trattamento di metalli, oltre al mercato dell'automobile; sono diffuse anche nel settore della produzione attrezzature industriali.

Ultimamente le formulazioni che polimerizzano a bassa temperatura sono state migliorate e ciò consente una loro diffusione di impiego anche per la verniciatura di substrati sensibili (come possono essere oggetti metallici compositi formati anche da parti in materiale plastico).

Sono ideali per parti metalliche dalla geometria semplice in cui ogni superficie sia concretamente raggiungibile. Nell'industria delle costruzioni sono utilizzate per le parti estruse in alluminio dell'equipaggiamento interno ed esterno dei condizionatori, per porte e finestre in alluminio, per lo schermaggio di finestre, etc.

Le vernici in polvere,in virtù della loro resistenza alle alte temperature, sono inoltre particolarmente indicate per il trattamento di riscaldatori, sistemi di scarico, grill di forni.

Questo tipo di vernice non è consigliabile nei seguenti casi: laddove sono richiesti spessori del film minori di 0,0254 mm; per brevi cicli di trattamento che necessitano di più colori; per tutti i metalli che per lunga esposizione ad alte temperature perdono importanti caratteristiche metallurgiche; per materiali porosi nei quali il degassamento può rovinare la finitura; per parti di dimensioni elevate per le quali diventa non conveniente un trattamento in forno (servirebbero apparecchiature troppo costose ed energivore).

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Pretrattamento

Le vernici in polvere sono comunemente altamente coesive e idrofobiche. L'adesività del film verniciante dipende comunque dal grado di pulizia del substrato (in particolare esse non aderiscono bene su vernici vecchie, fondi e ruggine). Oltre che pulito, il substrato dovrà inoltre essere assolutamente secco in modo da garantire il miglior risultato. Sono pertanto necessari opportuni step di pretrattamento finalizzati ad aumentare l'adesività delle vernici e la resistenza alla corrosione del pezzo verniciato.

Il pretrattamento è di norma simile a quello tipico per le vernici liquide, anche se grazie al maggiore spessore del film della vernice in polvere, può essere meno intenso. Tra i diversi tipi di pretrattamento possibili

ricordiamo lo stripping chimico e/o l'utilizzo di mezzi abrasivi (la sabbia non è consigliata in quanto lascia la superficie ruvida). Altri metodi possono essere l'immersione e i sistemi spray multipli.

Alcuni metalli come il magnesio devono essere degassati prima della applicazione per evitare difetti del film; le normali fasi di pulizia possono non essere sufficienti specialmente se parti del metallo devono rimanere libere da verniciatura. La fosfatazione e l'applicazione di fondo possono essere utilizzati per migliorare il grado di adesività tra magnesio e vernice.

Altri metalli come l'acciaio galvanizzato, possono richiedere fosfatazione, risciacqui con acqua deionizzata o acido cromico.

La pulizia spray o con il vapore è spesso utilizzata per pezzi di elevate dimensioni. La pulizia con vapore è inoltre tra le soluzioni più economiche di pretrattamento utilizzati per queste vernici.

Prima dell'applicazione è necessario raffreddare il pezzo se il pretrattamento ne ha causato il riscaldamento; la temperatura ideale è tra i 52-54°C. Il degassamento da parti calde può infatti generare la formazione di alveoli che, a loro volta, possono contribuire ad una maggiore sensibilità del substrato alla formazione di ruggine, inoltre ad alte temperature si può avere la fusione o la sinterizzazione della polvere con conseguenti cambiamenti di natura estetica e di performance.

Applicazione

In generale le vernici in polvere richiedono meno abilità nell'applicazione rispetto alle vernici liquide. Possono essere applicate con letti fluidizzati, semplici o elettrostatici, spray a fiamma, vellutazione, stampaggio, e spray elettrostatico (sia con pistola a corona che triboelettrica).

Nei *sistemi a letto fluido* i pezzi sono scaldati a temperature anche maggiori di 260°C e vengono poi immersi in una sorta di vasca dove la vernice fonde a contatto con la superficie. Questa tecnica è utilizzata per stendere film vernicianti di spessore tra 0,25 e 0,76 mm, l'efficienza di trasferimento è intorno al 100%. Tra gli svantaggi di questa tecnica ricordiamo la difficoltà a far corrispondere esattamente i colori di partite diverse e l'impossibilità da parte dell'utilizzatore finale di eseguire sfumature o messe in tinta.

Con *equipaggiamento elettrostatico* non è facile produrre film di spessore superiore a 0,127 mm a meno che il pezzo non sia preventivamente riscaldato. Con le vernici in polvere eventuali problemi di messa a terra non corretta che possono riguardare le applicazioni elettrostatiche possono produrre difetti quali: minima efficienza di trasferimento; formazione di archi elettrici tra la pistola e il pezzo o l'uncino che lo trattiene; prematura repulsione della polvere dal pezzo e formazione di aree "nude" difficili da verniciare. Tale problema è solitamente causato dalla contaminazione degli uncini che trattengono il pezzo e può essere quindi facilmente evitata attraverso pulizia e/o sostituzione degli stessi.

In generale con le vernici in polvere è possibile in una mano creare film di spessore anche di 0,254 mm sebbene questo approccio sia poco seguito. In questi casi, infatti, i problemi legati alla messa a terra possono causare notevoli problemi e anche la formulazione deve essere tale da non provocare repulsione tra la polvere.

Lo spessore del film dipende da diverse variabili da tenere sotto controllo in fase di applicazione, quali:

- velocità della linea di produzione;
- messa a terra dei pezzi;
- problemi di carica della pistola;
- regolazione del voltaggio della pistola;
- addestramento del personale;
- dimensioni delle particelle di polvere;
- caratteristiche di interazione elettrostatica della polvere (da formulazione).

In fase di applicazione le vernici in polvere non necessitano di né aggiustamenti della viscosità attraverso diluizione né di agitazione e miscelazione e, una volta estratte dalla confezione, sono utilizzabili direttamente.

Polveri di differenti colori possono avere diverse densità, per questo può essere necessario spruzzare diversi quantitativi di prodotto per ottenere la stessa efficienza di copertura.

Polimerizzazione

Prima di procedere alla cottura delle vernici in polvere è importante che la disidratazione del fondo sia avvenuta in modo corretto. In fase di polimerizzazione può essere necessario ricorrere a mascheratura affinché la vernice non reagisca con alcune parti del substrato.

La polimerizzazione delle vernici in polvere può essere effettuata in forni a infrarosso, a raggi UV e a convenzione (spesso sono utilizzate in serie più tipologie di forno). Il pezzo ricoperto di polvere di vernice è riscaldato comunemente ad una temperatura di 120-260°C per un tempo variabile da 30 secondi a 5 minuti. Maggiore è la temperatura minore il tempo di trattamento necessario; una volta raffreddati i pezzi sono pronti per le manipolazioni successive.

I maggiori problemi legati alla polimerizzazione sono legati ad una scorretta regolazione della temperatura del forno e un diverso spessore del metallo. Sarà importante che il processo di polimerizzazione sia effettuato alla corretta temperatura e per un tempo adeguato; la resistenza alla corrosione è infatti una qualità che si forma alla fine del processo e un prematuro raffreddamento potrebbe inficiare le qualità del film.

Insieme allo spessore del film il grado di polimerizzazione è il parametro più importante per le vernici a polvere, dato che da esso dipende la resistenza del pezzo agli attacchi esterni. Un forte solvente, come il

metil-etil chetone, può essere utilizzato per misurare facilmente e velocemente la resistenza chimica del film e, indirettamente, il grado di polimerizzazione della vernice.

Alcune vernici in polvere polimerizzate da raggi UV sono sottoposte a riscaldamenti moderati (fino a 110°C) e possono essere pertanto utilizzate per la verniciatura di supporti sensibili (quali oggetti metallici con componenti eterogenei in alluminio e plastiche). Sebbene la polimerizzazione sia innescata dai raggi UV la polvere necessita di calore per fondere, tipicamente quindi si applica prima l'infrarosso che permette di raggiungere la temperatura ottimale, poi i raggi UV che innescano la reazione.

In generale i vantaggi della polimerizzazione a bassa temperatura sono diversi quali: maggiore versatilità di impiego su una più larga varietà di substrati, riduzione del consumo di energia, minori necessità di equipaggiamento, accresciute capacità di produzione.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Le vernici a polvere possono essere considerate in assoluto le meno inquinanti: non solo, infatti, sono caratterizzate da concentrazioni di COV pressoché nulle (0,5 – 5% in massa) ma anche l'overspray è del tutto riutilizzabile e ciò porta l'efficienza di utilizzazione di queste vernici a valori prossimi al 100% e riduce nel contempo la produzione di rifiuti. L'emissioni non controllate di COV sono ridotte del 98% rispetto ai sistemi che utilizzano vernici liquide (il piccolo rilascio di COV è imputabile alla volatilizzazione di alcuni componenti della vernice in fase di polimerizzazione ad alta temperatura).

È da notare che all'utilizzo di vernici in polvere è collegato, in alcuni casi, l'emissione di sostanze nocive tra le quali ricordiamo l'anidride trimellitica sensibilizzante, irritante e con effetti specifici sulla salute (immunotossicità), e il trigligidilisocianato (TGIC) sospetto di mutagenicità (paragrafo4.4.3.5). Per questo motivo è importante dotare comunque il sistema sia nel luogo di applicazione che di polimerizzazione di un efficiente sistema di aspirazione. Per quanto riguarda quest'ultimo aspetto sarà opportuno evitare di immettere all'interno l'aria aspirata dalla zona di applicazione anche se filtrata.

Il consumo energetico può essere invece rilevante in quanto le vernici a polvere devono essere riscaldate in forno; a tutt'oggi comunque è resa possibile (in alcuni casi) la polimerizzazione a bassa temperatura (80 – 110°C) che permette di risparmiare energia. Il calore prodotto in fase di polimerizzazione può essere eventualmente riutilizzato per il riscaldamento dei luoghi di lavoro.

La mancanza di solventi riduce in modo pressoché totale il rischio di incendi; le polveri sospese in aria sono però esplosive ed è per questo necessario prendere tutte le dovute precauzioni in particolare in presenza di

pistole automatiche. La maggiore causa di innesco sono infatti gli archi elettrici causati da un messa a terra non funzionamento.
In relazione agli aspetti che riguardano la salute degli addetti si sottolinea che, a causa della presenza di alcune sostanze irritanti o nocive, nel caso in cui avvenga il contatto tra le polveri e la pelle dell'operatore sarà opportuno lavare la zona interessata prontamente.

Aspetti economici

Le vernici in polvere tendono ad essere più costose di quelle a base acquosa almeno per quanto riguarda i costi di investimento iniziali per la tecnologia.

4.4.3.1 Vernici acriliche

Le vernici in polvere acriliche godono di un'eccellente resistenza agli agenti chimici, alla corrosione, ai detergenti e allo scolorimento. I film prodotti sono molto duri, resistenti alle scalfitture e posseggono un alto grado di levigatezza, lucentezza e brillantezza; offrono inoltre le migliori performance di durevolezza all'aperto e posseggono una ritenzione di colore e lucentezza molto buona.
Le vernici acriliche sono incompatibili con ogni altro tipo di vernice in polvere, ciò significa che nessun altra vernice può essere applicata a contatto con essa. Come eccezione ricordiamo che vernici acriliche a bassa lucentezza possono essere compatibili con alcune vernici poliestere.
Rispetto alle vernici poliestere in polvere quelle acriliche mostrano una minor resistenza agli impatti e minore adesività a superfici non trattate, mostrano invece una buona resistenza agli alcali.

Campo di applicazione

Tipiche applicazioni delle polveri acriliche includono la verniciatura dei componenti metallici per la stanza da bagno (vasca, rubinetteria, scaldabagno, etc.), gli apparecchi per l'illuminazione esterna, i cerchioni in alluminio, fondi e finiture per gli autoveicoli, estrusioni in alluminio per gli edifici, attrezzature e macchinari vari, letti in bronzo, mobilio da ufficio, etc.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

<u>Applicazione</u>

Lo spray di polveri acriliche mostra ottime proprietà elettrostatiche e permette di formare film sottili. A causa della capacità di caricarsi queste polveri possono bloccare la pistola durante l'applicazione.

Polimerizzazione

La cottura in forno si attua ad una temperatura che varia da 204°C a 135°C rispettivamente per 10 e 30 minuti.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Dall'analisi della componente volatile emessa durante la polimerizzazione è emerso che le concentrazioni di COV (costituiti da monomeri e solventi) per le vernici acriliche si attesta intorno al 3,5% a differenza di altri tipi di polveri (vernici poliestere) per le quali il rilascio si attesta, grazie alla maggiore stabilità termica delle resine presenti in queste ultime vernici, sotto l'1%.

4.4.3.2 Vernici epossidiche in polvere

Sono le vernici in polvere più utilizzate e sono presenti in un'ampia gamma di formulazioni. Offrono la migliore resistenza chimica, alla corrosione e alla scheggiatura e possono essere formulate per una elevata resistenza al calore (possono resistere a continua esposizione a 150°C). Come le vernici epossidiche liquide sono piuttosto sensibili alla radiazione UV che provoca sfarinamento, ma non hanno una buona ritenzione del colore e della lucentezza. In diversi casi il loro uso non necessita che venga steso un fondo.
I film degli ibridi acrilici-epossidici sono più duri e hanno una resistenza chimica e allo scolorimento superiore e una maggiore durevolezza in ambiente esterno rispetto agli ibridi epossidici-poliesteri.

Campo di applicazione

Generalmente vengono applicate a metalli e sono utilizzate sia per applicazioni di tipo funzionale (equipaggiamento elettrico, tubazioni per gas e idrocarburi, parti di autoveicoli sottoscocca, filtri dell'olio, travi, etc.) che decorativo.
I fondi epossidici mostrano una buona adesività a superfici di acciaio inossidabile propriamente pretrattato (su cui il fondo viene applicato per prevenire la formazione di ruggine).

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Stoccaggio

La vita a magazzino per queste vernici è approssimativamente di 3 mesi a 30°C.

Applicazione

A seconda delle specifiche necessità queste vernici possono essere applicate per formare film spessi (0,25-0,61mm) o fini (0,038-0,076mm).

Polimerizzazione

Il trattamento in forno generalmente varia dai 3 minuti a 232°C a 25 minuti a 121°C. Ultimamente sono state sviluppate formulazioni in grado di polimerizzare a temperature intorno ai 110°C in 15-25 minuti in forni convenzionali[8]. L'utilizzo di forni a raggi infrarossi riduce il tempo necessario alla polimerizzazione di 5-8 minuti.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Valgono le indicazioni descritte nel paragrafo relativo agli impatti ambientali e di sicurezza tipici delle vernici in polvere (par.4.4.3).

4.4.3.3 Vernici ibride epossidiche-poliestere in polvere

Questi ibridi epossi-poliesteri sono utilizzati prevalentemente per scopi decorativi. Rispetto alle vernici puramente epossidiche hanno una maggiore resistenza agli agenti atmosferici e allo sfarinamento ma sono meno dure e meno resistenti a solventi e alcali, per quanto riguarda la resistenza all'impatto, alla corrosione e alla piegatura le performance sono invece simili. Hanno una resistenza ai raggi UV simile a quella delle vernici poliestere.

Oltre alla buona resistenza chimica godono di ottime proprietà meccaniche e di un'elevata ritenzione del colore e della lucentezza; la durevolezza è maggiore rispetto alle vernici puramente epossidiche.

Nuove formulazioni offrono una maggiore durevolezza all'aperto diversamente da quanto succedeva in passato, questa nuova generazione offre inoltre altre interessanti caratteristiche quali:

- eccellente riproducibilità della lucentezza;
- eccellente resistenza alla brunitura;
- eccellente resistenza all'aperto e mantenimento delle proprietà meccaniche;
- minore temperatura di polimerizzazione;
- compatibilità con le altre vernici in polvere;
- significativa riduzione della velocità di cambiamento del colore.

[8] Le vernici poliestere solidificano alle stesse temperature ma, a causa delle differenze di viscosità, non fluidificano altrettanto bene.

Campo di applicazione

Sono utilizzate sui metalli ai quali legano bene (possono non necessitare di un fondo) e sono consigliati anche per le superfici più nascoste e gli angoli acuminati. Per quanto riguarda le specifiche applicazioni, quelle relative alle polveri ibride epossidiche-poliester sono molto simili a quelle tipiche delle vernici epossidiche soprattutto se sono richieste stabilità al calore e resistenza agli agenti atmosferici: tra questi ricordiamo attrezzature agricole, scaldabagno, filtri dell'olio, estintori, attrezzature ospedaliere, casellari, corsoi di cassetti, scaffalature, etc.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Applicazione

Lo spessore dei film che è possibile ottenere con questo tipo di vernice varia da 0,0254 a 0,762 mm.

Sono caratterizzate da eccellenti caratteristiche di tipo elettrostatico che ben si adattano agli omonimi sistemi di applicazione, grazie a tali proprietà non solo permettono alta efficienza di trasferimento ma, come ricordato in precedenza, sono consigliate per il trattamento di superfici nascoste ed angoli.

Polimerizzazione

Il trattamento termico di polimerizzazione dura dai 10 minuti (204°C) ai 25 (160°C), esistono però nuove formulazioni che polimerizzano a 121°C.

Una caratteristica di queste vernici è che hanno una resistenza all'ingiallimento dovuto ad una eccessiva cottura elevata.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Valgono le indicazioni descritte nel paragrafo 4.4.3 relativamente agli impatti ambientali e di sicurezza tipici delle vernici in polvere.

4.4.3.4 Vernici a base di nylon

Queste vernici hanno resistenza chimica e ai solventi e formano film di buono spessore con un'eccellente resistenza all'abrasione, all'impatto e al logorio. Il film ha una buona levigatura, uniformità di spessore, e un basso coefficiente di frizione quando applicato ad un fondo opportuno. Resistono più di altre vernici a polvere termoplastiche ad alte temperature.

Campo di applicazione

Legano saldamente alla maggior parte delle superfici metalliche e a molte superfici non metalliche quando applicate sopra un fondo. Le applicazioni più tipiche per questo tipo di vernice sono gli uncini su cui sono appese le carcasse di animali, cestini e cremagliere per l'affumicatura della carne, cestini per le macchine

sgrassatrici, rulli per lo stampaggio, apparecchiatura per l'illuminazione, carrelli per la spesa, attrezzature ospedaliere, pali, cardini delle porte, ingranaggi in aerei e navi.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Valgono le indicazioni descritte nel paragrafo 4.4.3 relativamente agli impatti ambientali e di sicurezza tipici delle vernici in polvere.

4.4.3.5 Vernici poliestere

Due sono i gruppi più importanti di vernici in polvere poliestere: TGIC (trigligidilisocianurato) e uretaniche-poliestere. In questo paragrafo verranno descritte, per completezza, entrambe, ricordiamo però che, come verrà spiegato nella sezione relativa agli aspetti di sicurezza, data la pericolosità del TGIC sarebbe opportuno minimizzare l'utilizzo delle vernici del primo gruppo.

Entrambe le tipologie di vernici sono caratterizzate da un'eccellente flessibilità, durevolezza, resistenza ai raggi UV e agli agenti atmosferici, formano inoltre film sottili e levigati in tutti i livelli di lucentezza. Ultimamente si è aggiunto un altro gruppo ai primi due,quello dei poliesteri amidi.

Esistono formulazioni particolari che donano al film una durevolezza e una superiore resistenza agli agenti atmosferici e alla corrosione, una buona resistenza a scalfitture e ammaccamenti.

Le vernici TGIC possiedono una migliore adesività e resistenza alla corrosione rispetto a quelle poliestere uretaniche ma hanno una minore resistenza chimica e ai solventi.

Le vernici ibride poliestere-silicone sono utilizzate per ottenere colori e lucentezza desiderate, mentre le vernici PVDF (polivinilidenfloruro) sono in grado di massimizzare la ritenzione di colore e lucentezza e la resistenza allo sfarinamento.

Alcune vernici poliestere sono compatibili con vernici acriliche a bassa lucentezza.

Campo di applicazione

Le vernici TGIC poliesteri sono utilizzate per unità di condizionamento dell'aria, estrusioni in alluminio, trasformatori, accessori e finiture per gli autoveicoli, manufatti per esterni, attrezzatura agricola, pali per recinzioni, etc.

Le più comuni applicazioni per le vernici uretaniche poliestere sono le apparecchiature per l'illuminazione fluorescente, ruote in acciaio e alluminio, ferro ornamentale, ruote e cerchioni cromati, cabine dei

condizionatori d'aria, incastellature per componenti elettrici, cappe di cucine, attrezzatura per il giardinaggio, e rifiniture esterne per autoveicoli.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Applicazione

Successivamente al pretrattamento di pulizia le vernici TGIC possono essere applicate utilizzando le normali tecniche di spray elettrostatico; nel caso in cui alcune superfici non siano raggiungibili con tale tecnica potranno essere utilizzati applicatori in immersione.

Dopo l'applicazione della vernice il trattamento consigliato per substrati in alluminio è una cromatura amorfa che dona un'eccellente conduttività e resistenza alla corrosione ma è sensibile a temperature maggiori di 65,6°C.

Lo spessore ottimale per le vernici poliestere uretaniche è di 0,025-0,076 mm, film di maggiore spessore determinano superfici velate e degassamento. Per quanto riguarda invece le vernici TGIC gli spessori più comuni sono di 0,076-0,13 mm, a spessori minori le migliori caratteristiche si ottengono con le vernici poliestere uretaniche.

Polimerizzazione

Il trattamento di polimerizzazione varia da 10 minuti a 204°C a 30 minuti a 149°C. Per le vernici TGIC poliestere il pezzo deve raggiungere la temperatura di fusione della polvere più velocemente possibile pena la formazione di buccia d'arancia.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Il trigligidilisocianato (TGIC) è risultato mutageno negli animali ed è sospettato di mutagenicità e cancerogenicità nell'uomo, a parità di prestazione è buona norma ridurre quanto possibile o, meglio, eliminare l'utilizzo di vernici che contengono tale sostanza.

Dall'analisi della componente volatile emessa durante la polimerizzazione è emerso che le concentrazioni di COV (costituiti da monomeri e solventi) per le vernici poliestere si attesta, grazie alla maggiore stabilità termica delle resine presenti in queste ultime vernici, sotto l'1%.

Nelle vernici poliestere uretaniche si possono avere emissioni di caprolattame (in passato questa sostanza era considerata pericolosa mentre ad oggi non è classificata come tale).

4.4.3.6 Vernici polipropileniche in polvere

Producono un film di buono spessore resistente a reagenti chimici e solventi, sale, acqua, detergenti e molti acidi e basi. Non sono invece molto resistenti agli agenti fortemente ossidanti.

Campo di applicazione

Caratterizzate da una grana abbastanza grossa, sono utilizzate per formare film di spessore maggiore di 0,25 mm. Sono utilizzate per scaffalature di freezer, tubazioni per il trasporto di sostanze chimiche, incamiciature di serbatoi e cilindri, cremagliere etc.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Applicazione

Comunemente sono applicate attraverso letto fluidizzato. Non aderiscono molto bene ai metalli a meno che non sia presente un fondo.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Valgono le indicazioni descritte nel paragrafo 4.4.3 relativamente agli impatti ambientali e di sicurezza tipici delle vernici in polvere.

4.4.3.7 Vernici in polvere PVC

Formano film caratterizzati da buona levigatezza, lucentezza e resilienza; hanno inoltre una buona resistenza chimica, elettrica e all'impatto. Di buono spessore, estremamente durevoli all'aperto mostrano anche resistenza allo strisciamento. Flessibilità e diversi livelli di durezza sono contributo di agenti plasticizzanti presenti nella formulazione.

Campo di applicazione

Le tipiche applicazioni per le vernici in polvere PVC riguardano i cestini delle lavastoviglie, la parte esterna delle batterie, rastrelliere di freezer, attrezzature per parchi giochi, condotti, protezioni di ventole, griglie di condizionatori, tosaerba, raccoglitori avvolgicavi, pali per recinzioni, scaffalature, catene.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Gli agenti plasticizzanti presenti nella formulazione sono responsabili della presenza di COV nelle emissioni, il quantitativo raramente eccede però l'1% della massa per la maggior parte delle formulazioni.
Valgono le indicazioni descritte nel paragrafo 4.4.3 relativamente agli impatti ambientali e di sicurezza tipici delle vernici in polvere.

4.4.3.8 Vernici in polvere UV

Questo tipo di vernice combina i vantaggi delle vernici in polvere con quelli delle vernici UV. Come le vernici in polvere tradizionali possono essere applicate in un solo strato. E' possibile applicare film abbastanza sottili considerando che si tratta di una vernice in polvere. Come le vernici UV liquide, anche le polveri UV sono caratterizzate da una notevole produttività ottenuta grazie all'estrema velocità del processo di polimerizzazione; ciò permette inoltre una significativa riduzione degli spazi necessari allo stoccaggio dei pezzi in attesa della maturazione del film verniciante. All'elevata produttività del processo si aggiunge la riduzione dei quantitativi di vernice richiesta per produrre un film secco di pari spessore.
Le resine più comunemente utilizzate per queste vernici sono gli acrilati multifunzionali (MFMs), oligomeri acrilati o monomeri monofunzionali. Per quanto riguarda le caratteristiche delle resine più utilizzate per la formulazione di queste vernici è possibile rifarsi alla tabella riportata al paragrafo4.4.4.4 relativo alle vernici EBC.
Hanno un'ottima durevolezza e resistono all'attacco chimico, all'umidità e sono termicamente stabili. Permettono un'ottima adesione a molti substrati e sono caratterizzate da formulazioni flessibili grazie alle quali è possibile modulare proprietà quali viscosità, durezza, resistenza all'abrasione e ai solventi, flessibilità, lucentezza e colore. Ogni linea di applicazione è specifica per prodotto e substrato da trattare, la variazione di uno dei due necessita di cambiamenti del sistema.
A causa della particolare lucentezza, le superfici trattate con queste vernici possono apparire plastiche; attualmente sono presenti comunque diverse formulazioni a bassa lucentezza.

Campo di applicazione

Le prime applicazioni di queste vernici sono stati i motori elettrici e i radiatori degli autoveicoli. Attualmente i settori che più utilizzano questo tipo di vernice, in campo metalmeccanico, è quello automobilistico; se ne fa anche grande utilizzo per il trattamento di materiali sensibili alle alte temperature (plastica, compositi,etc.).

In generale, perché l'applicazione di tali vernici a metalli sia ottimale e il processo conveniente, è necessario che la geometria dei pezzi sia semplice; diversamente è comunque possibile far uso di sistemi tridimensionali di lampade che permettano una eguale irradiazione su ogni superficie del pezzo.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Stoccaggio

Queste vernici possono essere stoccate per diversi mesi a temperature di 30°C.

Applicazione

Le tecniche di applicazione delle vernici UV dipendono da molti fattori quali la formulazione della vernice, la tipologia di pezzo da trattare e la velocità di verniciatura desiderata. Normalmente queste vernici sono applicate attraverso pistole spray a corona.

Riparazioni e ritocchi, a causa della durevolezza della vernice, non sono facili.

Spesso la pulizia dell'equipaggiamento non è necessaria in quanto la vernice non polimerizza se non in presenza di raggi UV.

Polimerizzazione

In queste vernici avviene una buona fluidificazione già a temperature relativamente basse (100 – 140°C), successivamente l'energia legata alla radiazione UV è assorbita da un fotoiniziatore che avvia, attraverso una serie di meccanismi, il processo di polimerizzazione.

Lo spessore massimo consigliato, nel caso si utilizzino vernici pigmentate, è di 0,025 mm; gli spessori generalmente variano da 0,0025 a 0,013 mm. Spessori maggiori possono non permettere alla radiazione UV di penetrare, non consentendo quindi un indurimento dello strato verniciante uniforme e completo. Maggiore è lo spessore del film e il grado di pigmentazione maggiore è il tempo necessario per indurire.

La maggior parte dei pigmenti gialli assorbono la radiazione alla stessa lunghezza d'onda di diversi fotoiniziatori causando diversi problemi al processo di polimerizzazione.

La presenza di aria durante la polimerizzazione può influire sulla reattività delle vernici UV a causa della forte affinità dell'ossigeno per i radicali liberi. Relativamente piccole quantità di ossigeno possono rendere il film verniciante appiccicoso a causa della riduzione della lunghezza delle catene polimeriche o del peso molecolare.

I tempi di polimerizzazione sono dell'ordine dei secondi. L'intensità energetica decresce all'aumentare della distanza dalla sorgente di radiazione UV.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Come altre vernici in polvere sono caratterizzate da concentrazioni di COV pressoché nulle (0,5 – 5% in massa), inoltre la polimerizzazione tramite raggi UV non richiede alte temperature (limitando quindi anche i rilasci prodotti dalla degradazione delle resine).

L'overspray è riutilizzabile e ciò consente di raggiungere valori di efficienza di utilizzazione pressoché al 100% e di ridurre la produzione di rifiuti.

Rispetto ad altre vernici in polvere il consumo energetico per la fase di polimerizzazione è minore per la bassa temperatura necessaria alla fase di fluidificazione.

Per quanto riguarda il discorso sicurezza le lampade UV portano alla formazione di ozono che è difficilmente individuabile in quanto incolore e pressoché inodore. Poiché si tratta di un gas nocivo per la salute umana normalmente il sistema di polimerizzazione all'UV è fornito di sistemi di aspirazione che catturano l'ozono e lo rilasciano al di fuori dell'ambiente di lavoro.

Le radiazioni ultraviolette sono molto dannose se a contatto con la pelle o gli occhi degli operatori per questo motivo la camera in cui opera la lampada UV è isolata dall'esterno.

È da notare che, poiché le resine presenti in queste vernici sono caratterizzate da un maggiore peso molecolare rispetto a quelle presenti nelle vernici UV liquide, risultano meno irritanti e sensibilizzanti per pelle e occhi.

Esempi applicativi

Fini Compressori S.p.A.

Fonte: ERVET S.p.A. Progetto "La riduzione dei Composti Organici Volatili attraverso interventi integrati nelle imprese e nel territorio della Provincia di Bologna"

Dati aziendali: Fini Compressori S.p.A.

40069 Zola Predosa (BO) - 3, v. Fratelli Vignoli

tel.: 051 6168111; fax: 051 752408

email: info@finicompressors.it

Prodotti realizzati: costruzione di compressori.

Innovazione tecnologica adottata

L'azienda, per la verniciatura dei serbatoi d'aria dei compressori (con volumi che variano da 25 a 270 litri), utilizza prodotti vernicianti in polvere.

Motivi dell'innovazione

I motivi che hanno spinto Fini Compressori S.p.A. ad utilizzare vernici in polvere sono relativi alle migliori performance che con queste vernici è possibile ottenere rispetto alle vernici liquide. Le proprietà più apprezzate sono state, in particolare:

- maggiore resistenza a graffi e scalfitture;
- maggiore spessore del film che permette di rendere meno visibili eventuali imperfezioni della lamiera;
- migliore copertura del pezzo.

Aspetti tecnici dell'innovazione

Prima della verniciatura i pezzi sono puliti tramite pulizia meccanica con microsfere di acciaio che rimuovono ruggine, oli e calamina residui della lavorazione della lamiera.

Attraverso un sistema automatico le camere d'aria sono trasportate lungo la linea di verniciatura fino ad arrivare alle due cabine di verniciatura dove 12 pistole elettrostatiche provvedono all'applicazione. Uscite dalle cabine un operatore applica con pistola a spruzzo elettrostatica il prodotto nella parte più interna del compressore non raggiunta precedentemente a causa dell'effetto faraday.

L'azienda utilizza una vernice in polvere termoindurente a base di resine epossi - poliestere cotta in forno ad una temperatura di 180°C (sull'oggetto).

Technogym S.p.A.

Fonte : Ervet SpA "La riduzione dei Composti Organici Volatili attraverso interventi integrati nelle imprese e nel territorio della Provincia di Forlì Cesena"

Dati aziendali: Technogym S.p.A.

Via G. Perticari 20, Gambettola (FC)

Tel. 0547 56047; home page: www.technogym.it

Attività: costruzione macchine per il fitness e la riabilitazione

Innovazione tecnologica adottata

L'attività di verniciatura delle macchine è effettuata con prodotti vernicianti a polvere. Solo una piccola parte del ciclo (soprattutto ritocchi) avviene con vernici tradizionali a solvente.

Motivi dell'innovazione

Nel 1995 l'azienda decise di internalizzare l'attività di verniciatura. I motivi che la spinsero ad optare per le vernici in polvere furono principalmente i seguenti:

- il costo dei prodotti in polvere è minore rispetto a quello dei prodotti tradizionali (circa 30% in meno);
- l'applicazone delle vernici in polvere risulta più facile rispetto all'applicazione di vernici a solvente, si ottengono quindi buoni risultati anche con personale meno esperto il cui addestramento è più semplice;
- sono risolti i problemi relativi alla presenza di odori e di sostanze pericolose nei luoghi di lavoro;
- la gestione di sostanze pericolose e infiammabili come le vernici a solvente risulta più complessa.

Aspetti tecnici

La verniciatura delle macchine avviene automaticamente attraverso un sistema di pistole elettrostatiche e triboelettriche, le vernici in polvere utilizzate sono epossidiche ed epossidiche – poliestere. In corrispondenza della postazione di applicazione sono presenti aspirazioni che vengono depurate (ciclone venturi e filtri a maniche) e permettono il recupero e il riutilizzo dell'over spray. Le polveri non recuperate sono smaltite come rifiuti. Avvenuta l'applicazione i pezzi verniciati sono fatti sostare in forno per 40 minuti ad una temperatura di 200°C.

Nell'azienda esiste anche un piccolo impianto di verniciatura a spruzzo in cui è utilizzato un prodotto a solvente tradizionale. A questo proposito l'azienda ha in progetto di modificare l'impianto in modo che possa essere utilizzata una pistola elettrostatica, ciò permetterebbe di migliorare l'efficienza di trasferimento e di ridurre quindi i consumi di prodotto verniciante e solvente, un'altra possibile alternativa presa in considerazione è l'acquisto di un distillatore per il recupero del solvente.

Fornitori di vernici in polvere

Akzo Nobel Coating SPA
Viale Matteotti, 39
22012 Cernobbio (CO).
Tel. O31/345111; Fax 031/345342.
Home page: www.interpon.it

Inver S.P.A.
Via di Corticella, 205.
40128 Bologna (Bo)

Tel 051/6380411; Fax 051/322000
Home page: www.inver.it

Polaris S.R.L.
Via della Meccanica n°8 - 36016 THIENE - Vicenza – ITALIA
Tel. +39 0445 380800 (r.a.); Fax +39 0445 364520
Home page: www.polarisvernici.it
Email: vendite@polarisvernici.it

Becker Polveri
Nucleo industriale di Bazzano, 67010 Bazzano (AQ).
Tel 0862/442149; Fax 0862/441701
Home page: www.beckerpolveri.it

Europolveri S.P.A.
Via L. Galvani, 69.
36066 Sandrigo (Vi)
Tel. 0444/750643; Fax 0444/750653
Home page: www.europolveri.it

Pulverit S.P.A.
Via Carlo Reale, 15/4.
20158 Milano (Mi)
Tel 02/376751 (r.a.); Fax 02/37675500
Home page: www.pulverit.it

Pulverlac S.P.A.
Via Monte Tomba, 10.
36060 Romano d'Ezzelino (Vi9
Tel. 0424/838838; Fax 0424/513973
Home page: www.pulverlac.it

I.P.T. S.r.l.
Via Tagliamento, 4
36056 Tezze Sul Brenta (VI)
tel: 0424 561010 - fax: 0424 561270
email: ipt@ipt.it

4.4.4 Altre vernici

4.4.4.1 Plastisol

I plastisol vinilici sono dispersioni di fini particelle di PVC in liquidi plastificanti che combinano la facilità di applicazione di un liquido con lo spessore, la flessibilità, la resistenza chimica e all'abrasione tipica del vinile. Queste vernici sono disponibili in una gamma praticamente illimitata di colori ed è possibile ottenere un'ampia gamma di livelli di durezza. I plastisol hanno una buona resistenza agli alcali e agli acidi mentre può essere considerata moderata la resistenza ad oli, gas e alla maggior parte dei solventi. Negli Stati Uniti (ITW Devcon Engineered Coatings of Danvers, Massachusetts) è stata sviluppata una vernice plastisol epossidica in grado di proteggere metalli e cemento da forti attacchi chimici da parte di acidi e altre sostanze chimiche che è inoltre caratterizzata da un contatto completo con la superficie (100%) e una forte adesione.

Diverse sono le sostanze che possono essere aggiunte per migliorare alcune proprietà o ovviare ad alcuni difetti dei plastisol. Gli agenti plastificanti permettono di influenzare sia alcuni parametri di processo (temperatura di fusione, viscosità, gelificazione) che alcune proprietà finali del film, mentre gli stabilizzatori di luce e raggi UV migliorano la resistenza agli agenti atmosferici. I fondi devono essere utilizzati per assicurare una buona adesione alle superfici metalliche. Altri additivi che vengono utilizzati sono gli stabilizzatori del calore e i pigmenti colorati.

Carbonato di calcio, silicati ed altre sostanze possono essere aggiunte alla formulazione per ridurre il costo della materia prima.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Applicazione

I plastisol sono applicati tramite lame applicatrici, efficienti per plastisol ad alta viscosità, ed applicatori a rullo, che permettono elevate velocità di applicazione.

Polimerizzazione

La temperatura di gelificazione dei plastisol è compresa tra 60 e 93 °C mentre quella di fusione si attesta tipicamente tra 138 – 204 °C. Ad alte temperature gli agenti plastificanti reagendo con le resine permettono sia raggiunta una completa omogeneizzazione della massa.

Un eccessivo calore può causare la rottura del plastisol, tipicamente il fenomeno inizia con una variazione di colore o con ingiallimento. Un ulteriore riscaldamento causa l'annerimento del vinile e contemporaneamente l'emissione di acido cloridrico.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Si tratta di vernici solide al 100% per le quali non è fatto uso di solventi, le emissioni di COV sono quindi molto limitate o nulle. Nel caso in cui il calore sia eccessivo il vinile può rilasciare acido cloridrico sotto forma di gas, è necessario prendere le dovute cautele affinché tale eventualità si verifichi (mediante controllo della temperatura) o comunque produca il minor danno possibile (mediante ventilazione dell'ambiente di lavoro).

Aspetti economici

Nella formulazione può essere aggiunto carbonato di calcio e silicati per ridurre il costo della materia prima.

Fornitori di vernici plastisol

Ver Plast S.R.L.
Str. Palera, 50
10040 Leini - Torino
tel: 011 9988733 - fax: 011 9973071

4.4.4.2 Vernici autoforetiche

Alcune vernici organiche possono essere depositate su superfici metalliche attraverso un processo di precipitazione ossido-riduttivo conosciuto col nome di autodeposizione o fenomeno chemioforetico o autoforetico. Il film verniciante formato è caratterizzato da una certa opacità ed è primariamente nero.
Un importante vantaggio di queste vernici è la totale copertura delle parti immerse nel bagno di vernice. I film hanno uno spessore estremamente uniforme e variabile comunemente tra 13 – 30 micron e offrono una elevatissima resistenza alla corrosione. Le resine utilizzate hanno eccellenti proprietà di durezza, plasticità e adesione.

Campo di applicazione

Il processo di autodeposizione avviene esclusivamente su metalli ferrosi. La vernice autoforetica è utilizzata in prevalenza nel trattamento alcune parti in automobili e camion che proteggono grazie alle eccellenti proprietà di anticorrosione. Rimpiazza la zincatura nel trattamento di scorrimenti di cassetti nel mobilio da ufficio.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Pretrattamento

La pulizia del substrato è molto importante in quanto il processo tende ad essere intollerante ai contaminanti, poiché alcuni ioni possono destabilizzare la vernice staccandola dal substrato. Per evitare questo fenomeno e mantenere un alto grado di efficienza di trasferimento sarà necessario rimuovere gli ioni metallici.

Le soluzioni utilizzate per la pulizia sono riscaldate (questa è l'unica fase del processo che non avviene a temperatura ambiente).

Applicazione

Con l'eccezione della fase di immersione l'intero processo è molto simile ai normali processi di verniciatura, passare da un sistema tradizionale ad uno di autodeposizione è quindi relativamente semplice.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Non sono necessari solventi organici per il processo autoforetico, di conseguenza le emissioni di COV sono molto limitate se non nulle. Questa tecnica ha inoltre una resa elevatissima (circa 98%), le perdite sono dovute alla vernice che rimane all'interno dei serbatoi o a casi accidentali.

Per quanto riguarda la sicurezza dei lavoratori è da sottolineare che, con questo processo di verniciatura, non sussiste pericolo di incendio.

Aspetti economici

Secondo una ricerca dell'EPA (Environmental Protection Agency) questo sistema di verniciatura è il più economico rispetto ad altri sistemi di verniciatura che fanno uso di prodotti liquidi o in polvere. La ricerca è stata condotta considerando i costi della materia prima, della manodopera necessaria, i costi di gestione e dei macchinari e accessori.

4.4.4.3 Vernici a elettrodeposizione

L'elettrodeposizione è un sistema di applicazione di vernice su metalli che si basa sull'attrazione elettrostatica di cariche di segno opposto. Il pezzo da trattare è immerso in un bagno di particelle di vernice cariche in soluzione acquosa ed al pezzo viene applicata una carica elettrostatica di segno opposto; le particelle di vernice, attratte da carica opposta, ricoprono completamente la superficie del pezzo con un film continuo fino allo spessore desiderato, facilmente regolabile tramite appropriata calibratura del voltaggio; a questo punto il film isola elettricamente il pezzo dando fine al processo. In relazione alla carica elettrica il processo può essere classificato come anodico o catodico: nel primo caso il pezzo è caricato positivamente mentre nel secondo negativamente.

All'interno del bagno sono presenti resine, agenti leganti, solventi, agenti solubilizzatori e additivi. Le resine sono tenute unite dagli agenti leganti che contribuiscono a formare quindi lo spessore del film. I solventi, costituiti da acqua e da un co-solvente, contribuiscono a raggiungere il corretto spessore del film e una migliore solubilità, quest'ultima è influenzata anche dalla presenza di agenti solubilizzatori. Pigmenti e additivi rispettivamente donano colore e migliorano alcune caratteristiche quali la resistenza agli agenti atmosferici e all'ammaccamento.

Le caratteristiche principali di queste vernici sono l'eccellente resistenza alla corrosione, all'attacco chimico e ai fluidi; il film formato per elettrodeposizione gode di un'eccellente durezza e una buona flessibilità, di un'ottima adesività e di un eccellente aspetto esteriore. Nell'elettrodeposizione di grossi volumi di pezzi di piccole dimensioni ci si può però aspettare una riduzione della resistenza alla corrosione dal 25 al 50%. Le vernici per elettrodeposizione sono disponibili in un ampio numero di colori e sono caratterizzate da una lucentezza elevatissima che permette loro di essere utilizzate per la finitura degli autoveicoli.

Le resine più utilizzate sono gli epossidi e gli acrilati; sono però anche disponibili prodotti alchidici, resine epossiuretaniche e altre resine ibride.

Nella tabella di seguito sono riassunte alcune caratteristiche delle vernici per elettrodeposizione in relazione ad altri tipologie di prodotti vernicianti.

Tabella 2. Alcuni elementi di comparazione tra le principali tecniche di verniciatura

Fattore	A base acquosa	Ad alto solido	A base solvente	In polvere	Elettrodeposizione
Uniformità del film	Discreto	Discreto	Discreto	Buono	Eccellente
Efficienza di applicazione	Discreto	Discreto	Discreto	Eccellente	Eccellente
Grado di copertura delle cavità e aree poco esposte	Discreto	Discreto	Discreto	Povero	Eccellente
Spessore del film (mm)	0,01-0,038	0,1524-0,508	0,101-0,038	0,355-1,524	0,1016-0,508
Grado di copertura	Buono	Molto buono	Molto buono	Molto buono	Eccellente
Resistenza a gocciolatura e colatura	Buono	Buono	Buono	Eccellente	Eccellente
Facilità di cambiamento di colore	Buono	Eccellente	Buono	Moderato	Povero
Problemi legati alla contaminazione	Basso	Discreto	Basso	Alto	Lieve

Campo di applicazione

Queste vernici possono essere applicate ad acciaio, acciaio galvanizzato, alluminio e altri materiali con caratteristiche di alta conducibilità tra i quali, ad esempio, il magnesio sempre più utilizzato ultimamente nel settore elettronico.

Le vernici elettrodepositate sono utilizzate come fondi per dare resistenza alla corrosione e per formare la base per un topcoat (non è necessaria la smerigliatura). I fondi più comuni sono quelli epossidici, alchidici e poliesteri. Alcune formulazioni, generalmente a base di resine acriliche, possono essere depositate come unica mano. Le vernici a base acrilica sono le preferite quando sono richiesti alti standard estetici grazie alla loro resistenza ai raggi UV e agli agenti atmosferici.

Nell'industria automobilistica le applicazioni di queste vernici includono l'intelaiatura di camion e automobili. Altre applicazioni ancora comprendono i pianali dei camion, impianti di raffreddamento dell'acqua, forni a microonde, compressori, parti di forni, condizionatori d'aria, refrigeratori, dispositivi per l'illuminazione, circuiti stampati, blocchi motori, tamburi essiccanti, macchine lavatrici, scaffalature, incastellature delle trasmissioni, ruote, etc.

Il film verniciante ottenuto attraverso *elettrodeposizione anodica* è caratterizzato da eccellenti qualità cromatiche e da ottimo controllo della lucentezza. Normalmente è utilizzato per oggetti la cui destinazione è in ambienti interni e solo moderatamente in quelli esterni. Le vernici per *l'elettrodeposizione catodica* invece sono caratterizzate da una elevatissima resistenza alla corrosione e permettono quindi una durevolezza all'esterno non comune.

Le resine catodiche più utilizzate sono quelle epossidiche, impiegate per componenti di automobili, attrezzatura, trasformatori e come fondi in diverse applicazioni industriali. Le vernici epossidiche anodiche sono utilizzate per attrezzature agricole e non, diffusori, acciaio strutturale e parti di automobili, anche se ultimamente queste ultime sono trattate preferibilmente trattate con vernici epossidiche catodiche.

Le vernici catodiche acriliche sono invece comunemente utilizzate per attrezzature agricole, per attrezzi da giardinaggio, condizionatori d'aria, ventilatori, forni, recinzioni elettriche e altri utensili. Le vernici acriliche anodiche sono infine tipicamente utilizzate per pannelli di controllo elettrico, compressori, diffusori d'aria, portautensili, attrezzatura per officine meccaniche, dispositivi in serie, reti divisorie in filo metallico.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

<u>Pretrattamento</u>

L'elettrodeposizione è molto sensibile al grado di pulizia del substrato che, se insufficiente, è la causa della maggior parte dei difetti normalmente riscontrati. E' utilizzato fosfato di ferro o zinco per il trattamento di acciaio e alluminio (che può essere trattato anche con cromato). La fosfatazione permette una maggiore stabilità chimica e termica e mantiene una maggiore adesione della vernice.

Applicazione

Queste vernici, come descritto in precedenza, sono applicate in immersione, è necessario quindi mascherare le aree del pezzo che devono subire elettrodeposizione. I pezzi possono inoltre essere assemblati prima del trattamento: grazie a questa tecnologia, che è in grado di ridurre al minimo le limitazioni date dall'effetto Faraday, è infatti possibile produrre un film uniforme anche su pezzi di geometria complessa. Sono eliminati difetti quali sgocciolatura e insaccatura.

Il processo di elettrodeposizione è completamente automatizzato e permette un'elevata produttività (fino a 9,29m^2/min), è necessario però avere una conoscenza tecnica approfondita del processo, inoltre la manutenzione dell'equipaggiamento è piuttosto sofisticata.

A causa dell'estrema durezza del film deposto risulta alquanto difficoltoso smerigliare la superficie per poi rilavorarla. Inoltre una volta verniciato il pezzo non è possibile ritrattarlo con l'elettrodeposizione in quanto non è più in grado di condurre (a meno che non sia stato trattato con vernici apposite). Poiché il bagno di verniciatura è costituito da una soluzione acquosa sarà opportuno che il materiale che costituisce l'equipaggiamento non sia sensibile alla corrosione.

La conversione da una elettrodeposizione di tipo anodico a quella catodica richiede non solo un'accurata, estensiva e complessa pulizia ma anche cambiamenti di equipaggiamento che possono necessitare di qualche mese di tempo per la loro installazione e regolazione, al contrario passare da un prodotto acrilico a uno epossidico richiede solo minime modifiche che possono essere portate a termine in qualche giorno.

Polimerizzazione

Le vernici elettrodepositate per indurire devono essere sottoposte a trattamento termico a temperature di 135 – 191°C per 15-30 minuti. Il miglioramento di questi prodotti ha permesso di ottenere vernici che necessitano di temperature sempre minori, in grado quindi di ridurre i consumi energetici e la contrazione del film.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Questi prodotti sono quasi totalmente privi di sostanze organiche pericolose e/o volatili e metalli pesanti. L'efficienza di trasferimento è maggiore del 95% e il consumo di materie prime e la produzione di rifiuti ridotta al minimo sia in quanto è possibile progettare un sistema chiuso, sia grazie alla limitata necessità di pulizia. Nelle acque di scarico sono inoltre presenti concentrazioni basse di carico organico (B.O.D., C.O.D.). Per quanto riguarda in particolare i COV è da sottolineare che da alcune resine che compongono questa tipologia

di vernici si può sviluppare glicoetere come prodotto delle reazioni chimiche che avvengono nel forno. Si tratta comunque di emissioni alquanto limitate.

Per quanto riguarda la sicurezza è da sottolineare la bassa o perfino assente tossicità di queste vernici e la bassissima infiammabilità. Non sono necessarie protezioni particolari per gli operatori.

Aspetti economici e fornitori

Poiché non è possibile cambiare rapidamente colore, è necessario dedicare ad ogni colore una linea di verniciatura e pertanto normalmente, per motivi economici e di spazio, non sono presenti quasi mai più di due linee. Questa tecnica è considerata efficiente ed economicamente conveniente quando si debbano trattare grandi volumi di pezzi di un unico colore.

Questo sistema di verniciatura necessita di grandi spazi ed è significativamente energivoro, d'altra parte è caratterizzato da un'alta efficienza di trasferimento, un preciso controllo della formazione del film, una limitata necessità di manodopera e di manutenzione.

Nella sottostante tabella, in relazione ai diversi fattori di spesa, sono comparate quattro tecnologie di verniciatura con quella ad elettrodeposizione.

Tabella 3. Aspetti economici relativi alle principali tecniche di verniciatura

Fattore	Vernici a base acquosa	Vernici ad alto solido	Vernici tradizionali a solvente	Vernici in polvere	Vernici a elettrodeposizione
Spesa capitale	Bassa	Bassa	Bassa	Moderata	Alta
Spesa di gestione/ costo del materiale	Moderata	Moderata	Moderata	Alta	Bassa

Fornitori di vernici a elettrodeposizione

Tecnocolor S.R.L.
Via G. Marconi 10/12 (Quartiere Zingone)
20090 Trezzano sul Naviglio (Milano)
Telefono: 02-48403129; 02-4453274; 02-4451897; Fax: 02-4452634
e-mail: info@tecnocolorsrl.it

Tecnover
http://www.tecnover-industry.it
info@tecnover-industry.it

Inver S.P.A.
Via di Corticella, 205
40128 Bologna (Bologna)
Tel 051/6380411; Fax 051/322000
Home page: www.inver.it

Trasmetal S.P.A.
Viale Monza, 33
20128 Milano – Italy
Tel. +39 02 27.09.41; Fax +39 02 27.09.43.43

4.4.4.4 Vernici EBC

Le vernici EBC (*Electron Beam Cured*) sono liquidi, non contenenti solventi, che applicati ad un substrato solidificano in pochi secondi quando esposte ad un fascio di elettroni (raggi beta) che fornisce l'energia sufficiente alla formazione di legami incrociati di reticolazione delle resine. Il fascio elettronico è generato da un filamento riscaldato elettricamente chiamato anche catodo.

Lo spessore del film che si ottiene con questo tipo di verniciatura è limitato: comunemente varia tra 0,0025 e 0,013 mm poiché film di maggiore spessore difficilmente sono induriti in breve tempo. Diversamente dalle vernici UV, quelle polimerizzanti con raggi di elettroni non sono influenzate dal colore; grazie al potere di penetrazione dei raggi beta è possibile formare infatti anche film fortemente pigmentati di spessore maggiore ad un 0,025 mm.

Le resine più comunemente utilizzate per queste vernici sono gli acrilati multifunzionali (MFMs), gli oligomeri acrilati o i monomeri monofunzionali.

Di seguito sono sintetizzate alcune caratteristiche delle principali resine presenti sia nelle vernici EBC che UV.

Tabella 4. Pregi e svantaggi delle principali tipologie di resine

Resina	Vantaggi	Svantaggi
Poliesteri	• Bassa viscosità • Costo modesto	• Basso grado di indurimento • Lieve ingiallimento
Uretanica	• Spessore elevato • Flessibilità • Resistenza all'abrasione • Eccellente resistenza agli agenti	• Costo massimo • Ingiallimento (aromatici)

Resina	Vantaggi	Svantaggi
	atmosferici (alifatici) • Complessivamente possiede le migliori qualità	
Epossidica	• Processo di indurimento veloce • Buona resistenza agli attacchi chimici • Durezza • Buona adesività ai metalli • Basso costo	• Ingiallimento

Campo di applicazione

Mostrano un'eccellente adesività con la maggior parte dei substrati, per alcuni di essi invece necessitano particolari trattamenti atti a migliorarla.

Questo tipo di vernice, non necessitando di calore per l'evaporazione del solvente o per la formazione di legami incrociati, e, non essendoci che una limitatissima produzione di calore dovuta al bombardamento elettronico durante il processo, può essere applicato a materiali sensibili alle alte temperature; di fatto è utilizzato oltre che per metalli anche per materiali termosensibili e oggetti compositi.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Applicazione

Le tecniche di applicazione delle vernici EBC sono quelle spray, di rullatura e di colatura.

Polimerizzazione

Nella vernice è presente un catalizzatore o fotoiniziatore che rimane inattivo fino a quando non entra in contatto con i raggi beta. La formazione dei legami avviene in frazioni di secondo, per questo motivo, comunemente, la camera nella quale sono posti i pezzi trattati e nella quale avviene l'indurimento del film verniciante è di minori dimensioni e quindi necessita di minor spazio rispetto alle camere o ai forni per l'essiccamento utilizzati per altri tipi di vernice. Ogni linea è specifica per tipo di vernice e substrato.

Sono commercialmente disponibili varie tipologie di lampade per la produzione dei raggi di elettroni: a filamento ad alto e a basso voltaggio, a scansione e proiettore con lampada incorporata.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Le emissioni di COV sono nulle o comunque molto limitate.

I consumi energetici, necessari al funzionamento del sistema, sono minori rispetto a quelli che si hanno nelle camere o nei forni di essiccamento, indirettamente quindi anche la produzione di CO_2 legata al consumo energetico è minore.

L'overspray è recuperabile e la vernice stabile (non indurisce se non a contatto con i raggi beta), ciò permette di ridurre i consumi di materia prima e la produzione di rifiuti.

Per quanto riguarda la sicurezza è importante ricordare che i raggi beta sono pericolosi per l'uomo, per questo è necessario che la camera entro la quale sono applicati alle superfici verniciate sia isolata dall'esterno. All'interno di questa camera è presente un gas inerte (di solito azoto) in quanto l'ossigeno può interferire con il processo e determinare la formazione di ozono.

Aspetti economici

Sia le vernici EBC che quelle UV (descritte di seguito) sono caratterizzate da alcuni vantaggi economici legati alla loro capacità di ridurre in modo significativo il tempo necessario al trattamento, ovverosia di aumentare il grado di produttività della linea di verniciatura. Una vernice nitrocellulosica, per esempio, tipicamente necessita di 6 ore e 40 minuti per essere applicata e perché il film sia indurito. Di questo tempo più di 5 ore sono necessarie per seccare lo strato verniciante. Lo stesso processo necessita, per le vernici UV e EBC, di pochi secondi. Per lo stesso motivo anche la necessità di spazio è molto ridotta (minore del 50 – 75%) poiché non vi sono installazioni di ingombranti sistemi di essiccamento.

All'elevata produttività del processo si aggiunge la riduzione dei quantitativi di vernice richiesta per produrre un film secco di pari spessore.

I costi capitali per l'istallazione di un impianto di tal genere e comprendenti nuovo equipaggiamento, modifiche al sistema elettrico, addestramento del personale, possono essere significativi.

4.4.4.5 Vernici UV

Le vernici UV sono liquidi, non contenenti solventi, che applicati ad un substrato solidificano in pochi secondi quando esposte ad un fascio di raggi UV che fornisce l'energia sufficiente alla formazione di legami incrociati di reticolazione: il sistema di funzionamento è lo stesso che per le vernici EBC precedentemente descritte però varia la sorgente energetica (raggi ultravioletti anziché fasci di elettroni).

Le vernici UV sono durevoli e resistono all'umidità, a sostanze chimiche e alla luce del sole. Alcune vernici possono fornire una insufficiente lucentezza e la scelta del colore può essere limitata (es. alcuni pigmenti gialli tendono a interferire con il processo di polimerizzazione). Viscosità, durezza, resistenza all'abrasione e ai

solventi, adesività, flessibilità, lucentezza e colore rappresentano però tutti parametri che possono essere migliorati attraverso accorgimenti della formulazione.
Le resine più comunemente utilizzate per queste vernici sono gli acrilati multifunzionali (MFMs), oligomeri acrilati o monomeri monofunzionali. Per quanto riguarda le resine più comunemente usate è possibile rifarsi alla tabella presentata nel paragrafo attinente alle vernici EBC.
Sulla maggior parte dei substrati queste vernici hanno una eccellente adesività, migliore rispetto alle vernici solide su substrati non assorbenti. Le vernici trasparenti UV mostrano un'eccellente resistenza agli agenti atmosferici, all'attacco chimico, agli impatti e all'abrasione.

Campo di applicazione

Questo tipo di vernice, non necessitando di calore per l'evaporazione del solvente o per la formazione di legami incrociati, può essere applicato a materiali sensibili alle alte temperature; di fatto è utilizzato oltre che per metalli anche per materiali termosensibili e oggetti compositi. Sarà comunque opportuno, poiché le lampade producono calore, fare attenzione a che substrati particolarmente sensibili non siano surriscaldati.
Tra gli oggetti tridimensionali verniciati con questi prodotti si annoverano mobili, lattine per bevande, portarossetto, mazze da golf.
Per il settore automobilistico sono presenti vernici UV antigraffio con caratteristiche di resistenza all'abrasione superiori a quelle delle convenzionali vernici acriliche o bicomponenti uretaniche.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Applicazione

Le tecniche di applicazione delle vernici UV dipendono da molti fattori quali la formulazione della vernice, la tipologia di pezzo da trattare e la velocità di verniciatura desiderata. Le tecniche più comuni sono comunque quelle spray, di rullatura e colatura. Diverse formulazioni di vernici possono avere caratteristiche differenti quanto a opacità, viscosità e adesività ai metalli. La viscosità è un elemento importante per quanto riguarda in particolare la tecnica di applicazione, per poter essere spruzzata infatti una vernice deve possedere un basso grado di viscosità che in alcune vernici UV è ottenuta attraverso l'aggiunta di monomeri, acqua o solventi organici (fino ad una concentrazione del 30 – 70%).
In alcune applicazioni è utilizzata anche la tecnica di verniciatura sotto vuoto che, grazie alle caratteristiche di bassa viscosità, permette alte velocità di processo.

La vernice deve essere protetta dalla luce per la presenza di una radiazione naturale ultravioletta al fine di evitare un prematuro indurimento.

Polimerizzazione

Il processo di polimerizzazione consta di due fasi: nella prima l'energia legata alla radiazione UV è assorbita da un foto inibitore che dà avvio, attraverso una serie di meccanismi, alla generazione di radicali liberi; questi attaccano i doppi legami delle resine iniziando il processo di polimerizzazione facilitato anche dal calore generato dalla lampada.

Il grado di opacità può essere un problema per queste vernici, se infatti i raggi UV non penetrano l'indurimento del film può non essere completo. Gli ultimi progressi in fatto di fotoiniziatori e lampade UV hanno permesso di ottenere film pigmentati di spessore maggiore di 0,025 mm, ciò nonostante generalmente, quando sono utilizzate vernici pigmentate, lo spessore massimo consigliato è di 0,025 mm; gli spessori più comuni variano da 0.0025-0.013 mm, maggiore è lo spessore e l'opacità del film maggiore il tempo necessario all'indurimento del film. Durante il processo di polimerizzazione può avvenire una contrazione del film (che è comunque minore rispetto a quello riscontrabile nelle vernici in polvere).

La sorgente di radiazione UV è costituita normalmente da una lampada al mercurio; altre sorgenti possono essere lampade allo xenon e laser. Il numero e la posizione delle lampade da impiegare per il trattamento della vernice dipendono dalla velocità della linea e dalla geometria dei pezzi da trattare. Oggetti dalla geometria complessa necessitano di una attenta configurazione delle lampade perché la polimerizzazione sia uniforme.

Per quanto riguarda le vernici UV a base acquosa l'umidità relativa, la temperatura e il tasso di ricambio dell'aria possono influenzare la durata del processo di indurimento, in generale, a causa dell'elevato calore latente di evaporazione dell'acqua, possono necessitare di più tempo o maggiore intensità energetica.

I due più comuni tipi di lampade, che emettono in un intervallo di frequenza tra 200 e 450 nm, sono la lampada ad arco e quella a microonde.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Le vernici UV sono disponibili come liquidi a bassa viscosità essendo costituiti prevalentemente da resine a basso peso molecolare come poliuretani, resine acriliche, siliconi e altri polimeri. A meno che non siano combinati con solventi per diminuirne la viscosità non contengono inquinanti dell'aria pericolosi e COV.

Inoltre i consumi energetici, necessari al funzionamento del sistema, sono minori rispetto a quelli che si hanno nelle camere o nei forni di essiccamento, indirettamente quindi anche la produzione di CO_2 è minore. L'overspray è recuperabile (l'efficienza di trasferimento può raggiungere il 100%) e la vernice stabile (non indurisce se non a contatto con i raggi UV), ciò permette di ridurre i consumi di materia prima e la produzione di rifiuti. Anche la velocità con la quale è possibile l'avviamento e il fermo del processo riduce la generazione di rifiuti.

Le lampade UV portano alla formazione di ozono che è difficilmente individuabile in quanto incolore e pressoché inodore. Poiché si tratta di un gas nocivo per la salute umana normalmente il sistema è fornito di un apparecchio in grado di aspirarlo e rilasciarlo al di fuori dell'ambiente di lavoro. Le radiazioni ultraviolette sono molto dannose se a contatto con la pelle o gli occhi degli operatori per questo motivo la camera in cui opera la lampada UV è isolata dall'esterno.

Infine a causa del basso peso molecolare delle resine presenti nella vernice, quest'ultima risulta irritante e sensibilizzante a contatto con la cute. Per chi lavora a contatto con tali vernici è quindi raccomandato un vestiario protettivo e un respiratore nel caso si venga a contatto con gli spray e i vapori, il sistema dovrà comunque essere progettato al fine di minimizzare tale esposizione.

Aspetti economici

Sia le vernici UV che quelle EBC (descritte precedentemente) sono caratterizzate da alcuni vantaggi economici legati alla loro capacità di ridurre in modo significativo il tempo necessario al trattamento, ovverosia di aumentare il grado di produttività della linea di verniciatura. Una vernice nitrocellulosica, per esempio, tipicamente necessita di 6 ore e 40 minuti per essere applicata e perché il film sia indurito. Di questo tempo più di 5 ore sono necessarie per seccare lo strato verniciante. Lo stesso processo necessita, per le vernici UV e EBC, di pochi secondi. Per lo stesso motivo anche la necessità di spazio è molto ridotta (minore del 50 – 75%) poiché non vi sono installazioni di ingombranti sistemi di essiccamento.

All'elevata produttività del processo si aggiunge la riduzione dei quantitativi di vernice richiesta per produrre un film secco di pari spessore.

Fornitori di vernici UV

Tecnocolor S.R.L.
Via G. Marconi 10/12 (Quartiere Zingone)
20090 Trezzano sul Naviglio (Mi)
Telefono: 02-48403129; 02-4453274; 02-4451897

Fax: 02-4452634
e-mail: info@tecnocolorsrl.it

Celaci S.a.S. di Lecconi Marcello & C.
Talacchio di Colbordolo (Pesaro) - Via G.Rossa, 6/8 - Zona Ind.le n.3
CELACK: Tel. 0721/906088 - Fax 0721/904084
home page: www.celack.it

4.4.5 Indicatori di performance

La misura degli indicatori ambientali in seguito al cambiamento di un processo produttivo, di una tecnologia, di sostanze o di accorgimenti gestionali risulta opportuna sia in ottica di sistemi di gestione ambientale sia, più in generale, per la valutazione dei risultati raggiunti e dei benefici economici derivati.

Di seguito sono elencati alcuni indicatori di performance ambientali utilizzabili relativi ai processi di verniciatura:

- Flusso di massa annuale (Kg) di COV da emissioni atmosferiche convogliate /produzione[9]
- Consumo (Kg) di COV/produzione
- Consumo (Kg) di sostanze pericolose[10]/produzione
- Produzione (Kg) di rifiuti legati a processo-tecnologia di pulizia/produzione
- Produzione (Kg) di rifiuti pericolosi legati a processo-tecnologia di pulizia/produzione
- Consumi (m^3) di acqua/produzione
- Consumo di energia (elettrica e derivante da combustibili)/produzione

[9] Con il termine produzione si intende la misura dell'effettivo carico di lavoro relativo al processo di verniciatura. Dipendentemente dal tipo di materiale trattato potrà essere più opportuno utilizzare diversi parametri di misurazione quali il numero di pezzi, la superficie, la massa.

[10] Il concetto di pericolosità potrà essere applicato tenendo conto delle peculiarità della situazione e del tipo di produzione. Si potrà per esempio considerare pericolose sostanze mutagene, cancerogene o dannose per il sistema riproduttivo (etc.) e non per esempio sostanze solo irritanti, o ancora ci si potrebbe focalizzare sulle sostanze infiammabili o esplosive nel caso in cui tali rischi sussistessero seriamente.

4.5 TECNICHE DI VERNICIATURA

4.5.1 Atomizzazione Convenzionale

L'atomizzazione ad aria compressa è una delle più comuni tecniche di verniciatura a spruzzo, da un punto di vista ambientale però la bassa efficienza di trasferimento non ne rende particolarmente auspicabile l'utilizzo. Per il suo diffuso utilizzo, giustificato dalle indubbie caratteristiche di versatilità e alle elevate performance che è in grado di ottenere, viene di seguito descritta come tecnica tradizionale mettendone in risalto limiti e pregi e proponendo alcuni accorgimenti atti a ridurre gli impatti ambientali generati.

Campo di applicazione

Benché questa tecnica di atomizzazione sia la più datata, essa è in grado di fornire prestazioni in termini di versatilità e controllabilità del processo di primo ordine. È possibile infatti variare sia il grado di atomizzazione che le caratteristiche dell'applicazione (movimento, distanza, etc.). Ciò permette ad un addetto esperto, senza cambiare la pistola o l'ugello, di passare dalla verniciatura di ampie superfici a quella di particolari con risultati finali che sono tra i migliori. Rispetto poi alle altre tecniche di verniciatura a spruzzo è in grado di utilizzare la più ampia gamma di prodotti vernicianti.

Tra i maggiori svantaggi che riguardano questo tipo di tecnica ricordiamo la bassa efficienza di trasferimento che varia dal 30 – 70% ma che in alcune condizioni (prime fra tutte l'inesperienza dell'operatore) può essere minore al 20%.

A questo si aggiunge la notevole richiesta di aria compressa per il funzionamento del sistema (12 – 60 m^3/h a 6,8 atm.)

Descrizione del funzionamento

Il prodotto verniciante, attraverso sifone o alimentatore a pressione, è sospinto alla pistola e, fuoriuscendo dall'ugello, è investito da un flusso di aria compressa che avvolge il fluido e lo atomizza trasferendogli energia cinetica. Ulteriori getti di aria compressa affinano ulteriormente il grado di atomizzazione dando al getto una forma ellittica.

La pressione tipica all'ugello è di 2 – 4 atmosfere per flussi d'aria di 17 – 34 m^3/h.

Questo tipo di applicazione può avvenire sia manualmente che attraverso robot. Quest'ultima scelta è preferita quando è necessario verniciare grandi volumi di pezzi identici.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

L'efficienza di trasferimento di questa tecnica è, come si è visto in precedenza, decisamente bassa, ciò si ripercuote fortemente sul consumo di sostanze pericolose (vernice e solventi), che risulta quindi superiore di quello necessario, e sulla produzione di rifiuti pericolosi quali l'overspray e i materiali e le sostanze utilizzate per la pulizia.

Alcuni accorgimenti possono ridurre la produzione di overspray e migliorare così l'efficienza di trasferimento del prodotto verniciante al pezzo da trattare:

- evitare un'eccessiva pressione dello spruzzo;
- muovere la pistola a velocità uniforme;
- mantenere la pistola perpendicolarmente alla superficie dell'oggetto da trattare;
- sganciare il grilletto all'inizio e alla fine di ogni passaggio;
- mantenere sempre una distanza di 15 – 20 cm dall'oggetto da trattare, maggiore è la distanza infatti tanto più l'efficienza di trasferimento diminuisce;
- mantenere una sovrapposizione del 50% tra gli strati successivi;
- la grandezza dello spruzzo dovrebbe essere equiparabile come dimensioni al pezzo da verniciare.

La forte richiesta di aria compressa si ripercuote sui consumi energetici.

Per quanto riguarda la sicurezza degli operatori si fa notare che saranno necessari dispositivi di protezione personale che prevengano l'inalazione di overspray, solventi e altri gas nocivi. Possono essere inoltre necessari dispositivi di protezione dell'udito qualora i requisiti relativi alla protezione acustica degli operatori lo richiedano.

4.5.2 Atomizzazione Airless

Campo di applicazione

È il sistema spray più veloce tanto da essere vantaggiosamente utilizzato in linee di verniciatura molto veloci o laddove le superfici da verniciare sono estese. È per esempio utilizzato per la verniciatura di edifici, ponti, barche, larghi pannelli elettrici di controllo. L'efficienza di trasferimento è elevata rispetto ai convenzionali sistemi spray in quanto si ha meno dispersione ed è ridotto anche l'overspray. L'efficienza può però essere bassa se i pezzi da verniciare sono di ridotte dimensioni. Lo spray inoltre è in grado di penetrare in recessi e cavità senza che le particelle di vernice rimbalzino. Per questo motivo la manutenzione della cabina di verniciatura è ridotta.

L'assenza di aria di soffiaggio semplifica le operazioni in quanto, venendo a mancare il flessibile dell'aria compressa, la pistola risulta più leggera e manovrabile. Fluidi troppo viscosi per i sistemi spray ad aria come poliestere ad alto solido o poliuretano possono essere spruzzati con questa tecnologia.

Il grado di atomizzazione raggiungibile è d'altra parte inferiore rispetto a quello che è possibile ottenere con i convenzionali sistemi ad aria compressa, non è quindi adatto per rifiniture di alta qualità (es. finitura della carrozzeria delle automobili), in particolare è difficile raggiungere elevati standard di finitura nella verniciatura di piccoli oggetti a causa dell'elevata pressione del getto che spesso devia i pezzi sospesi sul convogliatore. Le limitate dimensioni poi del foro dell'ugello non permettono di spruzzare se non materiale molto fine, non è possibile applicare materiale fibroso o contenente pigmenti grossolani.

Rispetto alle tecniche ad aria compressa non permette all'operatore la stessa flessibilità nella regolazione dei parametri dello spray. La forma del getto per esempio non è regolabile, nel caso si presenti quindi tale esigenza sarà necessario cambiare l'ugello.

La pistola deve essere sempre o accesa o spenta, non c'è possibilità di stand-by per questo motivo se il movimento della pistola è troppo lento ciò potrebbe causare colatura o gocciolatura.

Un altro limite di questa tecnologia si può presentare allorquando si utilizzino pressioni molto elevate e nel fluido siano presenti elevate concentrazioni di pigmenti dagli effetti abrasivi: in questo caso infatti il foro dell'ugello viene lentamente ma costantemente allargato accrescendo il flusso di vernice che fuoriesce e variando le caratteristiche dello spruzzo.

Infine c'è da notare che questo sistema deve essere costantemente visionato e manutenuto soprattutto per le elevate pressioni utilizzate, è inoltre importante che oggetti estranei non ostruiscano l'ugello bloccando il sistema.

Descrizione del funzionamento

In questa tecnica è la pressione idraulica a pompare la vernice attraverso l'orifizio dell'ugello (0,0175 – 0,18 cm di diametro) attraverso il quale viene atomizzata e, grazie all'elevata pressione variabile tra un minimo di 30 e un massimo di 300 atmosfere circa (normalmente si attesta tra 100 e 140 atm), acquista una velocità sufficiente per raggiungere l'obiettivo. Dalla dimensione e dalla forma dell'orifizio dipende il grado di atomizzazione e la forma e dimensione dello spruzzo. Esistono due tipologie di sistemi airless, in uno il prodotto è pompato direttamente dal contenitore della vernice alla pistola, nel secondo la vernice è veicolata ad un sistema circolante collegato alla pistola. Un filtro è solitamente allocato su questa conduttura o sulla pistola.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Tale tecnica è caratterizzata da una migliore efficienza di trasferimento del prodotto verniciante rispetto ai tradizionali sistemi ad aria compressa ed è quindi preferibile da un punto di vista ambientale. La minore produzione di overspray riduce le necessità di pulizia della cabina di verniciatura riducendo parimenti il consumo di solventi e altri materiali per la pulizia e la generazione di rifiuti: valgono comunque gli stessi accorgimenti atti a ridurre l'overspray presentati nella sezione dedicata all'atomizzazione convenzionale ad aria compressa.

Per quanto riguarda la sicurezza degli operatori si fa notare che saranno necessari dispositivi di protezione personale che prevengano l'inalazione di overspray, solventi e altri gas nocivi. Possono essere inoltre necessari dispositivi di protezione dell'udito qualora i requisiti relativi alla protezione acustica degli operatori lo richiedano.

È inoltre molto importante che il getto di vernice, ad alta pressione, non venga a contatto con la cute dell'operatore. L'iniezione di vernice nella pelle può infatti causare gravi problemi.

Fornitori

Graco
Via Friuli 38/40
40060 Osteria Grande (Bologna)
Tel. 051/946070 Fax 051/946092
Home page: www.gsgoldgraco.it

Larius
Calolziocorte-Via Stoppani, 21 Italy
C.A.P. / Zip code 23801
Tel.(39)0341/62.11.52-**Fax** (39)0341/62.12.43
executive@larius.com

Chb
41013 Castelfranco Emilia (MO)
V. Castiglione, 64/66
tel: 059921612 - *fax:* 059921611
e.mail: *info@chbline.it*

Coating System Di Cavallucci Stefano
Via Loreta n. 798 Fratta Terme, 47032 Bertinoro (FO)
Tel. 0335/8316550; Fax. 0543/460772
Home page: www.cscavallucci.com

4.5.3 Atomizzazione Mista

Campo di applicazione

Questa tecnica permette all'operatore un migliore controllo sull'applicazione rispetto a quello che può fornire il sistema airless ma minore rispetto a quello HVLP. È comunque necessario uno specifico addestramento del personale in quanto vi sono più variabili da controllare e spesso si tende a usare flussi di vernice e pressioni eccessive rispetto al necessario. Con l'atomizzazione mista è possibile applicare fluidi di diversa viscosità, il risultato della finitura è morbido e di buona qualità anche se non raggiunge i livelli dei sistemi convenzionali ad aria compressa. Il grado di atomizzazione nella parte superiore e inferiore dello spruzzo è modesto. Risulta efficiente nell'applicazione di isolanti e topcoat ma non è consigliato per i mordenti. L'utilizzo è molto vario, questa tecnica può essere utilizzata sia in linee ad alta che a bassa velocità per la verniciatura di oggetti di medie e grandi dimensioni. Spesso comunque la qualità della finitura, anche di piccoli oggetti, è superiore alle aspettative. L'efficienza di trasferimento è superiore del 30% rispetto ai sistemi convenzionali ad aria compressa rispetto ai quali però è generalmente più lenta; rispetto all'atomizzazione HVLP invece permette velocità di produzione più elevate essendo in grado di spruzzare un quantitativo di vernice doppio (0,9 l/min). È possibile l'applicazione di fluidi a diverse viscosità. Lo spray è in grado di raggiungere recessi e cavità senza le particelle di vernice rimbalzino eccessivamente. Questa ultime due caratteristiche congiuntamente contribuiscono ad una pulizia più veloce e ad una minore manutenzione della cabina. Ad una pressione di 0,68 atm l'efficienza di trasferimento raggiunge il 45 – 60% e il fenomeno del rimbalzo è minimizzato. Nell'atomizzazione mista è minore il consumo di aria compressa rispetto ai sistemi convenzionali e, per le minori pressioni del fluido necessarie, minore la velocità di logorio del foro dell'ugello e la necessità di mantenimento della pompa. Come nel sistema airless c'è il rischio che materiale grossolano occluda l'ugello e blocchi il sistema.

Descrizione del funzionamento

Il sistema di atomizzazione mista combina le migliori caratteristiche dei sistemi convenzionali e di quelli airless. Il prodotto verniciante viene atomizzato durante il passaggio attraverso un ugello simile a quelli presenti nei sistemi airless, getti d'aria compressa che fuoriescono dall'ugello permettono poi di forzare e comprimere il getto. La pressione usuale del fluido alla quale questo sistema lavora si attesta intorno a 14 – 55 atm. La pressione dell'aria solitamente varia tra 0,3 e 2 atm. per un flusso di 5 – 12 m^3/h. La forma dello spruzzo è

simile a quella tipica dei sistemi ad aria compressa convenzionali. L'applicazione può essere manuale o, nel caso si trattino grandi volumi di pezzi identici, può essere affidata a robot.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Per quanto riguarda gli aspetti ambientali, relativi soprattutto al consumo di sostanze pericolose (vernici) e alla generazione di rifiuti, essi risultano legati in particolar modo al grado di efficienza di trasferimento (e conseguente produzione di overspray) che nell'atomizzazione mista è maggiore rispetto ai sistemi convenzionali ad aria compressa.
Le preoccupazioni maggiori pertinenti la sicurezza degli addetti sono del tutto simili a quelle identificate per i sistemi airless.

Fornitori

Graco
Via Friuli 38/40
40060 Osteria Grande (Bologna)
Tel. 051/946070 Fax 051/946092
Home page: www.gsgoldgraco.it

Larius
Calolziocorte-Via Stoppani, 21 Italy
C.A.P. / Zip code 23801
Tel.(39)0341/62.11.52-**Fax** (39)0341/62.12.43
executive@larius.com

Chb
41013 Castelfranco Emilia (MO)
V. Castiglione, 64/66
tel: 059921612 - *fax:* 059921611
e.mail: *info@chbline.it*

4.5.4 Atomizzazione HVLP (High Volume – Low Pressure)

Campo di applicazione

L'atomizzazione HVLP è caratterizzata da un'alta efficienza di trasferimento (dal 65 al 75%), maggiore in alcuni casi a quella ottenibile da sistemi elettrostatici, che permette di ridurre il consumo di materiale, la frequenza delle manutenzioni e della pulizia della cabina di verniciatura e la produzione di rifiuti pericolosi. Il rimpiazzo di un sistema HVLP in sostituzione di uno convenzionale ad aria compressa non richiede variazioni dell'equipaggiamento.

Lo spray prodotto dalle pistole HVLP è morbido e leggero, e viene usato spesso nelle rifiniture, è inoltre in grado di raggiungere recessi e cavità senza produrre rimbalzo del prodotto grazie alla bassa pressione. Per questo è utilizzata per la verniciatura di oggetti di piccole, medie e grandi dimensioni. Il grado di atomizzazione può però non essere altrettanto elevato rispetto al convenzionale sistema ad aria compressa. Per ottenere una buona qualità di rifinitura in alcune applicazioni può essere necessario una riformulazione del prodotto verniciante o un'addizionale lucidatura. L'utilizzo di una pistola HVLP necessita di abilità da parte dell'operatore.

Il sistema HVLP può risultare lento per alcune linee ad alta velocità e incrementare il flusso per accrescerne la velocità può ridurre la qualità della finitura. La pistola HVLP può applicare 0,5-0,6 L/min.

L'aria compressa può essere fornita da un compressore o da una turbina. Qualora l'aria compressa sia fornita da un compressore è possibile utilizzare un apposito limitatore di pressione economico e facile da utilizzare, esso necessita comunque di lavorare con aria pulita e secca per operare al meglio.

Diversi sono i vantaggi dell'utilizzo delle turbine; oltre a trattare grandi volumi di aria sono in grado di riscaldarli in uscita fino a 82° C, agevolando così l'atomizzazione grazie alla ridotta viscosità della vernice a maggiore temperatura. Le vernici ad alto solido per esempio possono necessitare di riscaldamento al fine di ridurne la viscosità, oltre che di elevati volumi d'aria per essere atomizzate al meglio. Nel caso invece sia utilizzato il compressore, qualora sia opportuno tale riscaldamento, sarà necessario far passare l'aria per un apposito riscaldatore. Le turbine possono risultare costose sia per l'investimento iniziale che per i costi operativi. Alla turbina è comunemente collegato un flessibile di dimensioni piuttosto elevate con il quale può essere difficoltoso lavorare.

Aumentando il volume di aria che passa per l'ugello della pistola è possibile ridurre o eliminare il problema della buccia di arancia. I sistemi alimentati da turbina normalmente, proprio per le caratteristiche specifiche di bassa pressione ed elevato volume, prevengono questo problema.

Le cadute di pressione che si possono avere nel sistema sono un problema da valutare seriamente in quanto per un'ottimale performance sono necessari pressioni e volumi dell'aria sufficienti. In particolare ciò risulta

vero per l'applicazione di vernici ad alto solido che, come precedentemente detto, necessitano di elevati volumi d'aria. I fattori che più di tutti influenzano le cadute di pressione sono:

- un diametro troppo stretto del flessibile;
- la lunghezza eccessiva del flessibile;
- inadeguata capacità del compressore;
- malfunzionamento o inadeguatezza dei regolatori di pressione;
- troppi accessori facilmente disinseribili.

La pressione che sarà importante monitorare è quella alla pistola: molto probabilmente essa sarà infatti diversa da quella fornita dal compressore o da quella misurabile immediatamente a valle del regolatore.

Descrizione del funzionamento

Le pistole HVLP operano imprimendo a grandi volumi d'aria (25-51 m^3/h) pressioni alquanto limitate (tra 0,007 e 0,7 atm). Pressioni maggiori incrementano l'overspray riducendo l'efficienza di trasferimento rispetto ad altre tecniche quali l'atomizzazione ad aria compressa convenzionale, quella airless, mista, elettrostatica. Esistono due diverse tipologie di sistemi HVLP, in una l'aria compressa è fornita da un compressore, nell'altra da una turbina. Queste ultime generano volumi di aria molto elevati utilizzando solo un terzo dell'energia necessaria ad una compressore, la pressione prodotta non è d'altra parte normalmente superiore a 0,5 atm, la velocità di trattamento è quindi alquanto bassa. Molte turbine possono trattare un flusso di aria di 340 m^3/h ad una pressione di 0,7 atm servendo 8 pistole contemporaneamente.

La pressione del fluido si attesta intorno ai $6,58*10^{-4}$ - $9,87*10^{-4}$ atm, una pressione eccessiva porterebbe a:

- Eccessiva produzione di overspray dentro e fuori dalla cabina di verniciatura. L'overspray può anche depositarsi durante lo spostamento alla successiva stazione di verniciatura su pezzi già verniciati rendendo necessario un nuovo trattamento.
- Una bassa efficienza di trasferimento, con un più frequente cambio dei filtri e quindi una maggiore produzione di rifiuti pericolosi.
- Un maggiore consumo di prodotto quindi costi operativi maggiori.

È stato da poco sviluppato uno strumento di mira al laser che può essere utilizzato per migliorare la copertura e la consistenza del film di vernice. Lo strumento è collegato alla pistola ed è diretto verso la superficie del metallo. Un raggio laser appare se la pistola è puntata ad una distanza e con un'angolazione ottimale, ne

appaiono invece due in caso contrario. L'utilizzo di questo strumento permette di incrementare l'efficienza di trasferimento in media del 13% e ridurre i consumi di prodotto del 29%.
L'applicazione può avvenire sia manualmente che automaticamente attraverso l'ausilio di robot.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

L'elevata efficienza di questo tipo di atomizzazione ne fa una delle tecniche di verniciatura a più basso impatto ambientale. Grazie ad un miglioramento sostanziale dell'efficienza di trasferimento sono infatti ridotte significativamente le emissioni atmosferiche, il consumo di sostanze pericolose e la produzione di rifiuti pericolosi. Minori quantitativi di overspray riducono la necessità di pulizia riducendo quindi anche l'utilizzo di sostanze (solventi) e materiali a tale scopo utilizzati e quindi anche le emissioni di COV e altri inquinanti atmosferici pericolosi. L'accumulo di polvere di vernice è limitato ed è minore la sostituzione dei filtri e del rivestimento interno della cabina di verniciatura. Valgono gli stessi accorgimenti per la riduzione dell'overspray presentati per i sistemi convenzionali ad aria compressa.
La minore pressione riduce il rimbalzo della vernice sull'oggetto limitando così l'esposizione dell'operatore. Possono essere necessari dispositivi atti a prevenire inalazione di overspray e vapori nonché a proteggere l'apparato uditivo qualora i livelli di rumore lo richiedano.

Esempi applicativi

Fonte: www.cage.rti.org

Dati aziendali

L'azienda, sita negli Stati Uniti, si occupa di applicazione di fondi con vernici a smalto.

Innovazione tecnologica adottata

L'azienda ha sostituito le convenzionali pistole ad aria compressa con pistole HVLP.

Motivi dell'innovazione

I problemi rilevati dall'azienda erano l'eccessiva produzione di over spray che si traduceva in un significativo consumo di vernice, elevate emissioni di solventi e necessità di una pressoché continua sostituzione dei filtri e pulizia dell'area di applicazione.

Vantaggi economici e operativi

L'utilizzo di pistole HVLP ha permesso una riduzione del consumo di vernice e delle emissioni di COV del 40%, inoltre anche grazie ad un diverso posizionamento la vita dei filtri si è allungata da ore a settimane.

Fornitori

Graco
Via Friuli 38/40
40060 Osteria Grande (Bologna)
Tel. 051/946070 Fax 051/946092
Home page: www.gsgoldgraco.it

Chb
41013 Castelfranco Emilia (MO)
V. Castiglione, 64/66
tel: 059921612 - *fax:* 059921611
e.mail: *info@chbline.it*

Asturo Originali Maves s.p.a.
20020 Trezzano S/N (Milano) Italia
Via F.lli Bandiera, 7
Tel ++39 02 48402802 ++39 02 48400326; Fax. ++39 02 48402810
Home page: www.asturooriginalimaves.com

4.5.5 Atomizzazione alla fiamma

Campo di applicazione

Questa tecnica viene comunemente applicata per il trattamento di superfici che necessitano di strati coprenti resistenti all'usura, alla corrosione e isolanti; questi strati hanno inoltre un'alta resistenza chimica, agli impatti e all'abrasione.

È compatibile con la maggior parte dei substrati, il campo di applicazione è alquanto vario dall'industria aeronautica, alla produzione di protesi biomediche, a quella di serbatoi, navi, pompe, attrezzature agricole, ecc.

Gli strati coprenti applicati possono essere di natura metallica, ceramica o termoplastica su substrati metallici e non. Le vernici termoplastiche in polvere utilizzate con questa tecnica sono poliestere, polipropilene, polivinile, polietilene, poliammide, politetrafluoroetilene, ecc. Le polveri termoplastiche possono essere combinate con un secondo polimero, con un metallo o con ceramica. Queste miscele sono anche utilizzate come adesivi.

Le vernici termoplastiche applicate con questo sistema possono presentare, anche se in modo leggero, il fenomeno della buccia d'arancia; non danno luogo però a sgocciolature, colate o zone non completamente essiccate.

I prodotti di natura metallica e ceramica sono normalmente applicati in più strati mentre le vernici termoplastiche in uno solo.

Lo spessore dello strato, facilmente controllabile, può essere elevato (> 50 micron) quello delle vernici termoplastiche varia invece da 0,05 a 6,36 mm.

Bordi e angoli sono generalmente coperti bene, piccole aree non verniciate in modo corretto possono eventualmente essere "aggiustate" scaldando il pezzo per rifondere il polimero; aree più estese possono essere ritrattate. Bassa temperatura ambientale ed elevata umidità non costituiscono un problema.

Le dimensioni, la forma e la distribuzione delle particelle spruzzate sono variabili critiche per l'ottenimento di una copertura di qualità.

Il processo di spruzzo è veloce anche se non tanto quanto le tecniche a spruzzo tradizionali (il rapporto è di 1:8).

Gli strati coprenti metallici o ceramici sono sempre porosi a causa dei vuoti presenti tra le particelle appiattite. Nel caso sia richiesto una copertura non porosa lo strato dovrà essere sinterizzato subito dopo il processo di spruzzo oppure dovrà essere utilizzata una pistola che imprima maggiore velocità alle particelle o che lavori a temperature più alte. Queste pistole sono di un ordine di grandezza più costose di quelle che lavorano a più basse temperature.

La maggior parte dei problemi sono collegati alle temperature che possono essere raggiunte durante l'applicazione. Temperature superiori ai 204 °C applicate sull'alluminio anche per pochi minuti possono provocare una significativa perdita di forza di tensione sull'oggetto. Benché esista una tecnica atta a minimizzare questo problema sarebbe comunque opportuno evitare trattamenti così stressanti per l'alluminio. Sullo stesso substrato a temperature superiori di 60 °C la fiamma distrugge il cromato. Quando il polimero è surriscaldato anche la qualità delle vernici termoplastiche può essere compromessa senza che sia visibile

alcun segnale di degradazione termica. L'intervallo di temperatura ottimale è specifico di ogni polimero ed è compreso tra la temperatura di fusione e quella di degradazione.

Descrizione del funzionamento

L'atomizzazione a fiamma permette la deposizione di fini particelle metalliche o non, in uno stato fuso o semifuso, su una superficie. Il prodotto verniciante può essere sotto forma di polvere, fili o aghi. Il materiale è fatto fluire, in modo controllato, alla pistola che riscaldandolo lo riduce allo stato fluido o semifluido. Non è necessario stendere un fondo.

L'aria compressa applica quindi alle particelle di vernice una velocità di 10 – 20 metri al secondo, all'impatto con la superficie da trattare le particelle si appiattiscono prendendo la forma del substrato (il diametro delle particelle appiattite varia da 10 – 100 micron). Il gas utilizzato per espellere a velocità il materiale è aria o ossigeno, il riscaldamento può avvenire a gas (acetilene, propilene, propano, idrogeno) o ad elettricità. L'adesione delle particelle dipende, oltre che dal prodotto verniciante, anche dalla temperatura e dalla velocità nonché dal grado di pulizia e dalla temperatura del substrato. La granulometria delle particelle trasferite sul substrato è ultrafine. Può essere presente un'unità vibrante che permetta il flusso di polvere dal serbatoio alla pistola.

Una volta raffreddato lo strato coprente il pezzo è pronto e può essere raffreddato a sua volta mediante un processo di tempra.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Da un punto di vista ambientale il grande vantaggio di questo tipo di tecnica di applicazione è che, facendo uso di vernici in polvere, le emissioni di solventi dal prodotto verniciante solido sono nulle. Tra gli aspetti negativi ricordiamo che la fusione del prodotto necessita di un significativo consumo di gas combustibile o di energia elettrica.

Per quanto riguarda la sicurezza, oltre agli accorgimenti necessari a prevenire l'inalazione delle polveri e gas prodotti dal riscaldamento, è necessario che anche gli occhi dell'operatore siano protetti. Si fa inoltre notare che l'utilizzo e lo stoccaggio dei gas combustibili utilizzati per la fusione può essere fonte di rischio significativo.

4.5.6 Atomizzazione elettrostatica a pistola

Campo di applicazione

Lo spray elettrostatico è progettato primariamente per l'utilizzo in officina, non per operazioni all'aperto; non è quindi generalmente utilizzato, come altri sistemi spray, per trattare superfici tanto grandi da non stare in una cabina di verniciatura.

Attraverso questa tecnologia è possibile applicare una grande varietà di vernici quali quelle a solvente, a base acquosa, ad alto solido e in polvere. Con tecniche puramente elettrostatiche l'applicazione di vernici ad acqua è più difficoltosa, utilizzando però sistemi meccanici è possibile ottenere anche per questi prodotti una fine atomizzazione ed eccellenti proprietà superficiali dello strato. Per le vernici a solvente possono essere invece necessarie correzioni di viscosità per assicurare un grado più fine di atomizzazione.

Per quanto riguarda la qualità del film superficiale è da sottolineare che, usando pistole airless elettrostatiche, si otterrà uno spray e un film coprente più secco rispetto a quello che si otterrebbe con pistole convenzionali ad aria compressa. Per prevenire una certa ruvidezza nella finitura si possono effettuare aggiustamenti nella miscela dei solventi, nella lunghezza del convogliatore, nella velocità della linea o nella temperatura di essiccamento.

Nell'applicazione elettrostatica la conduttività del prodotto verniciante è un fattore importante, deve infatti permettere al prodotto stesso di caricarsi negativamente nel passaggio presso l'elettrodo ma non deve essere troppo elevata per evitare che la carica acquistata venga subito e facilmente ceduta a terra attraverso il sistema di applicazione. Vernici all'acqua e strati metallici tendono ad essere altamente conducibili mentre di natura opposta sono le vernici al solvente. In questo ultimo caso per accrescere la conducibilità possono essere aggiunti solventi polari (es. alcoli, chetoni) o pigmenti conduttori (pigmenti metallici); in questo modo quasi tutte le vernici a base solvente possono essere utilizzate (l'intervallo di conducibilità appropriato varia tra $5*10^{-4}$ e $5*10^{-6}$ Siemens/m). Anche vernici troppo conduttrici possono essere modificate per evitare che la carica elettrostatica scarichi a terra.

Affinché l'applicazione sia efficiente l'oggetto da trattare deve essere conduttore di elettricità per essere messo a terra (a potenziale zero) facilmente. Il pezzo da verniciare deve essere caratterizzato da sufficiente umidità per condurre al meglio, per questo è comunemente necessario un pretrattamento con acqua o una soluzione sensibilizzante. In questo ultimo caso è incrementato l'utilizzo di solvente ed è richiesta comunque un'umidità superiore al 40%. La tecnica elettrostatica è sensibile all'umidità dell'aria in quanto quest'ultima accresce il flusso elettronico. In altri casi, qualora sia necessario trattare superfici non metalliche e con un insufficiente

grado di conducibilità (es. cemento), può essere utilizzato per mettere a terra l'oggetto un fondo applicato attraverso una tecnica convenzionale.

L'efficienza di trasferimento attribuita a questa tecnica è elevata essendo compresa tra 65 e 95%. L'attrazione elettrica è infatti così forte che le particelle cariche che normalmente passerebbero oltre al pezzo di verniciare vengono attratte e si depositano su di esso anche nelle parti retrostanti. Inoltre le cariche sono più fortemente attratte da bordi e spigoli che vengono quindi completamente ricoperti. Via via lo spessore della vernice sul pezzo aumenta viene a formarsi uno strato isolante che riduce la differenza di potenziale. Le particelle di vernice si dirigono quindi laddove tale differenza è minore cioè dove lo strato è più sottile. Ciò permette di ottenere strati più spessi e uniformi.

I limiti di questa tecnologia sono legati prevalentemente alla necessità di lavorare con circuiti elettrici. Tutte le parti del sistema di applicazione coinvolte devono essere conduttrici per completare il circuito, per questo è necessario evitare che lo sporco e la vernice si accumuli creando tracce conduttrici sulla punta plastica della pistola che possono provocare cortocircuiti. La superficie da verniciare deve essere l'oggetto a potenziale zero più vicino alla pistola, altri oggetti vicini potrebbero infatti deviare il flusso atomizzato.

Le pistole elettrostatiche sono alquanto delicate e necessitano di venir trattate di conseguenza. Una manutenzione errata delle pistole può portare ad arresti della linea, rimaneggiamenti e di conseguenza alla generazione di rifiuti. Una pistola sporca può essere causa di difetti quali colate, finiture non uniformi, sgocciolatura, striature e altri difetti per i quali il pezzo deve essere sverniciato e ridipinto. L'accumulo di vernice su ganci e supporti pendenti che trattengono gli oggetti da verniciare può comportarsi da strato isolante e bloccare il flusso di corrente che mantiene a terra i pezzi. Un'attenta pulizia è quindi necessaria per mantenere un buon contatto con la terra tra le parti e il convogliatore. È possibile, attraverso alcuni accorgimenti, minimizzare la formazione di striature:

- dovrebbe essere mantenuta una distanza tra la pistola e la superficie da trattare di 15-20 cm;
- i movimenti della pistola dovrebbero essere lenti;
- si dovrebbe evitare di spruzzare su parti già coperte;
- è importante mantenere la pistola nel modo corretto.

L'applicazione elettrostatica non è altrettanto efficiente nel verniciare cavità rispetto alle applicazioni non elettrostatiche. Come detto in precedenza infatti le gocce cariche sono attratte dai bordi sottili, dagli spigoli e dai lati delle cavità e non penetrano in profondità. Per lo stesso motivo alle volte è necessario rimuovere

eccessi di vernice su bordi e spigoli. Nel caso poi si utilizzino vernici a base metallica le particelle metalliche tendono a concentrarsi sui bordi producendo effetti ottici che possono non essere graditi.
Le procedure operative e le specifiche di produzione sono più stringenti rispetto alle altre tecniche, sarà quindi necessario un valido addestramento del personale.

Descrizione del funzionamento

L'applicazione elettrostatica può avvenire sia di vernici liquide che in polvere. Il flusso, atomizzato, è caricato negativamente (comunemente dell'ordine di 50 – 70 kV) grazie ad un elettrodo applicato alla pistola mentre il pezzo da trattare è messo a terra; la differenza di potenziale è molto elevata (dell'ordine di diverse decine di migliaia di Volt) e la corrente varia da valori molto bassi a 200 mA. L'atomizzazione può avvenire con diverse tecniche e cioè con quelle tradizionali ad aria compressa, airless e mista, l'equipaggiamento deve però essere specificatamente progettato per l'applicazione elettrostatica. Una volta atomizzate le particelle di vernice, attirate dalla superficie per forza elettrostatica, aderiscono fino a quando lo strato coprente non è completamente formato.
Per l'applicazione di vernice in polvere si utilizzano due diversi tipi di pistole, quella a corona e quella tribo - elettrica. La pistola a corona produce particelle molto più cariche, inoltre permette di produrre uno strato uniforme più velocemente. La pistola tribo – elettrica permette una migliore penetrazione in aree caratterizzate da effetto gabbia di Faraday, qualora poi siano richiesti spessori consistenti è in grado di generare superfici particolarmente lisce. In generale da essa è possibile ottenere film superficiali dalle caratteristiche eccellenti.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Ciò che caratterizza particolarmente questa tecnica di applicazione è l'elevata efficienza di trasferimento dovuta all'attrazione elettrostatica tra le gocce di vernice e il pezzo da trattare che limitano al massimo la perdita di prodotto verniciante che, come abbiamo visto, può essere invece rilevante soprattutto nei sistemi tradizionali ad aria compressa. Per questo motivo la velocità del flusso di aria compressa può essere ridotta da 3050 a 1830 cm/min abbattendo così significativamente i costi per la compressione dell'aria e riducendo le emissioni atmosferiche.
Attraverso questa tecnica è possibile utilizzare prodotti privi o con percentuali poco significative di solventi come vernici in polvere o idrosolubili.

Tutto l'equipaggiamento e i materiali non immediatamente necessari per le operazioni di pittura dovrebbero essere posti al di fuori della cabina di verniciatura. Questi oggetti infatti possono accumulare overspray secco che in un secondo momento potrà depositarsi su superfici appena verniciate rovinando il lavoro appena fatto e rendendo necessaria una nuova verniciatura con conseguenti aumenti di costi e inquinamento.
Per quanto riguarda il tema della sicurezza sarà importante l'utilizzo di mascherine atte ad evitare l'inalazione di overspray e vapori pericolosi. Possono essere inoltre necessari dispositivi di protezione acustica qualora i livelli sonori lo richiedano. Per quanto riguarda il pericolo elettrostatico sarà opportuno seguire alcune regole basilari:

- gli operatori dovranno utilizzare scarpe con suola in pelle in modo da perdere la carica eventualmente accumulata e tenere una mano a contatto diretto con la maniglia della pistola posta a terra. In questo modo non potranno accumulare cariche;
- è molto importante prevenire il caricamento elettrostatico di qualsiasi oggetto presente nella cabina di verniciatura. Oggetti non messi a terra (es. la non conduttività può essere dovuta alla sporcizia che crea uno strato isolante) nelle vicinanze della postazione di applicazione possono caricarsi considerevolmente. L'elevata differenza di potenziale di questi oggetti con altri posti a terra (ovvero a potenziale nullo) può far scoccare una scintilla che è in grado di innescare un'esplosione se la cabina è satura di solvente presente nelle vernici;
- per proteggere il personale da pericolosi shock sarà opportuno che le scorte di vernice, di natura conduttrice (es. vernice a base acquosa), siano stoccate all'interno di un contenitore isolato elettricamente.

Esempi applicativi

Fonte: www.cage.rti.org

Dati aziendali: FFV Aerotech in Nashville (Tenesse)

Attività: verniciatura di aeroplani

Innovazione tecnologica adottata

Per la verniciatura è utilizzato un sistema elettrostatico.

Motivi dell'innovazione

L'azienda cercava un sistema di verniciatura che avesse i seguenti requisiti:

- elevata efficienza di trasferimento;

- elevata qualità della finitura;
- basso impatto ambientale;
- sicurezza per l'operatore;
- costante qualità della finitura in complesso.

Diversi sono stati i prodotti e le tecniche di applicazione provate; inizialmente sono stati utilizzati prodotti ad alto solido che hanno però compromesso, a causa dell'elevato contenuto in peso secco, la qualità della finitura. Anche il sistema HVLP non ha dato i risultati sperati quanto a livello di finitura.
L'azienda ha quindi optato per un sistema elettrostatico.

Vantaggi economici e operativi

I vantaggi ottenuti dall'azienda relativi all'utilizzo del sistema elettrostatico sono stati:

- riduzione dei consumi di vernice;
- riduzione dello smaltimento dei filtri;
- riduzione dei costi per il benessere e la salute degli operatori.

A questo si può aggiungere che è stato notato una diminuzione del logorio e delle rotture del sistema dei compressori.
Per quanto riguarda la qualità del prodotto finito gli stessi clienti hanno notato un miglioramento della ritenzione della lucentezza e una profondità dell'immagine.

Fornitori

Graco
Via Friuli 38/40
40060 Osteria Grande (Bologna)
Tel. 051/946070 Fax 051/946092
Home page: www.gsgoldgraco.it

Larius
Calolziocorte-Via Stoppani, 21 Italy
C.A.P. / Zip code 23801
Tel.(39)0341/62.11.52-**Fax** (39)0341/62.12.43
executive@larius.com

Chb
41013 Castelfranco Emilia (MO)

V. Castiglione, 64/66
tel: 059921612 - *fax:* 059921611
e.mail: *info@chbline.it*

Coating System Di Cavallucci Stefano
Via Loreta n. 798 Fratta Terme, 47032 Bertinoro (FO)
Tel. 0335/8316550; Fax. 0543/460772
Home page: www.cscavallucci.com

4.5.7 Atomizzazione elettrostatica a rotazione

Campo di applicazione

Questo sistema, grazie alla combinazione di una elevata velocità rotazionale e di un'alta carica elettrostatica (120 kV) permette un'atomizzazione molto fine della vernice e assicura un'eccellente qualità della finitura. In più, merito della minima turbolenza dell'aria prodotta, l'efficienza di trasferimento risulta essere molto elevata.
In relazione alla velocità di rotazione si conoscono sistemi a bassa e alta velocità. I sistemi ad alta velocità (da 10000 a 60000 rpm) sono in grado di lavorare con vernici a base acquosa e ad alto solido con la stessa efficienza con la quale lavorano con vernici a solvente. Infatti la velocità di rotazione può essere aggiustata in relazione con la viscosità della vernice rendendo superflua l'aggiunta di solvente.
Questa tecnica non è ottimale per parti con una geometria complessa. L'assenza di aria compressa o di un flusso forzato che spinga le gocce di vernice al bersaglio limita le capacità di verniciare all'interno di recessi. Per questo sarà necessaria una grande abilità dell'operatore. Nelle aree della superficie del pezzo caratterizzate dal fenomeno della gabbia di Faraday possono essere utilizzate le pistole tribo – elettriche con vernice in polvere per assicurare la migliore copertura; diversamente le aree caratterizzate da effetto Faraday non saranno protette e potranno arrugginire.
Una volta che il fluido è stato atomizzato dall'alto voltaggio le gocce di vernice sono emesse a velocità da un disco o da una campana elettrostatica; da questi dispositivi dipendono molte caratteristiche specifiche del risultato finale.
Le *campane elettrostatiche* possono essere montate verticalmente, orizzontalmente o secondo ogni angolo compreso. Possono essere montate su posizioni fisse, su robot o altre macchine a moto alternato operanti sia orizzontalmente che verticalmente. La forma del getto prodotto è simile a quella di una ciambella di forma arrotondata. Un tale tipo di getto provvede ad una non uniforme applicazione; potranno essere infatti presenti,

in aree diverse, differenti spessori dello strato verniciante anche in rapporto di 1:2. Gli atomizzatori a campana permettono di verniciare rapidamente larghe superfici con una finitura liscia e di alta qualità. Possono essere utilizzati per verniciare parti di differenti altezze selezionando il numero di campane. I bordi dentellati in alcune campane elettrostatiche eliminano le microbolle che si formano nel film di vernice fresca. L'intrappolamento di aria nella vernice è frequente soprattutto quando la tensione superficiale è alta come nelle vernici a base acquosa e in quelle ad alto solido. Sono utilizzate in una grande varietà di applicazioni, dalla verniciatura di recinti a quella di piccoli oggetti. L'efficienza di trasferimento è dell'85% e la produzione di overspray avviene in tutte le direzioni.

I *dischi elettrostatici* sono montati orizzontalmente su un'asta verticale e una trasmissione rotazionale. Le parti da verniciare sono sospese da un convogliatore che è fatto ruotare intorno al disco. Un disco elettrostatico produce un getto di forma appiattita a ventaglio, simile a quella di molte pistole ad aria compressa ma più allungata. Il disco può verniciare, in una corsa, solo fino ad una determinata altezza che diventa quindi la variabile principale. Le parti da trattare infatti non possono essere mischiate insieme per tipo di colore con il quale saranno verniciate che non siano delle stesse dimensioni. Perché il processo sia conveniente sarebbe opportuno che le corse fossero lunghe e con minime variazioni di colore. In generale i dischi funzionano meglio con vernici a solvente rispetto alla vernice ad acqua. L'efficienza di trasferimento si attesta intorno all'85%.

Tra i limiti delle tecnologie di atomizzazione a rotazione, alcuni dei quali simili a quelli riscontrabili in altre tecniche di applicazione elettrostatica, ricordiamo che:

- i pezzi da trattare devono essere conduttori di elettricità;
- il sistema di fornitura della vernice deve essere elettricamente isolato per prevenire il cortocircuito;
- può accadere che un eccessivo spessore di vernice si accumuli sui bordi laddove l'attrazione elettrostatica è maggiore;
- una causa frequente di insuccesso dei sistemi di atomizzazione a rotazione ad alta velocità è la scadente qualità dell'aria;
- la superficie da verniciare deve essere l'oggetto a potenziale zero più vicino alla zona di applicazione, altri oggetti vicini potrebbero infatti deviare il flusso atomizzato;
- l'accumulo di vernice su uncini e supporti pendenti può comportarsi da strato isolante e bloccare il flusso di corrente. Un'attenta pulizia è quindi necessaria per mantenere un buon contatto con la terra tra le parti e il convogliatore;

- campane e dischi devono essere maneggiati e puliti con cura. Un'intaccatura accidentale può scombussolare il bilanciamento ad alte velocità abbreviando la vita dei cuscinetti. Lo stesso effetto può essere causato da una pulizia insufficiente che può indurre alla formazione di strati di vernice tra i cuscinetti, è inoltre importante controllare lo stato del lubrificante dei cuscinetti.

Descrizione del funzionamento

L'atomizzazione a rotazione costituisce uno dei metodi di atomizzazione utilizzati nei processi elettrostatici di verniciatura. Il materiale verniciante è, con questa tecnica, atomizzato attraverso forza centrifuga, maggiore è la velocità di rotazione più fine è l'atomizzazione.

Gli atomizzatori a rotazione sono costruiti in acciaio di alta qualità e si dividono in due tipologie: dischi e campane.

I dischi sono sottili, relativamente piatti e rotondi. Il diametro dipende dalla velocità di rotazione: per basse velocità si attesta intorno a 25 – 66 cm, per alte velocità 13 – 20 cm.

Gli atomizzatori a campana sono a forma di coni troncati, il diametro si aggira tra 2,5 – 13 cm.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Sia gli aspetti ambientali che quelli legati alla sicurezza degli operatori sono simili a quelli descritti per i sistemi elettrostatici.

Esempi applicativi

Fonte: www.cage.rti.org

Dati aziendali: CAMI Automotive Inc. Ingersoll (Ontario)

Attività: verniciatura automobili

Innovazione tecnologica adottata

L'azienda ha adottato un sistema automatizzato di verniciatura attraverso campane elettrostatiche. Il tipo di prodotto fino ad allora utilizzato, una vernice ad alto solido con residuo secco del 55%, non dovette essere sostituito con un prodotto convenzionale a solvente (a basso contenuto di peso secco) come inizialmente paventato.

La regolazione del flusso e della forma dello spruzzo, della velocità della campana e dei movimenti del robot permise di regolare il sistema di verniciatura affinché fosse in grado di lavorare con 10 differenti colori e di trattare 4 diverse tipologie di autovetture.

Motivi dell'innovazione

L'azienda necessitava di un sistema dotato di maggiore efficienza di trasferimento.

Vantaggi economici e operativi

Le nuove campane elettrostatiche permisero una maggiore produttività e l'efficienza di trasferimento passò da un 38% delle convenzionali pistole elettrostatiche al 76% delle campane elettrostatiche. La conseguente riduzione dei consumi di vernice ad alto solido fu compresa tra il 25 – 30%.

Fornitori

Ravarini Castoldi & C S.r.l.
Via Gardone 20, 20139 Milano
tel: 02/55210608; fax: 02/5694503
home page: www.ravarinicastoldi.it

5 ASPETTI AMBIENTALI E TECNOLOGIE PIÙ PULITE PER IL SETTORE DELLA LAVORAZIONE DELLA VETRORESINA (BARCHE, FURGONATURA, PICCOLI COMPONENTI)

5.1 DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI ASPETTI AMBIENTALI COLLEGATI AL SETTORE IN ESAME

Tra le varie tipologie di applicazioni industriali della vetroresina, nel territorio provinciale di Forlì Cesena risultano preminenti, ai fini del presente documento, il settore nautico, quello della furgonatura e la realizzazione di piccoli componenti.
La realtà provinciale presenta, per i settori suddetti, un'assoluta prevalenza delle tecniche di applicazione manuale della vetroresina. Le tecnologie maggiormente utilizzate sono quelle a spruzzo e tramite rullo.
Si rimanda ai paragrafi specifici per la descrizione del funzionamento delle suddette tecnologie e degli impatti ambientali correlati.

5.1.1 La vetroresina e i sistemi di lavorazione

5.1.1.1 La vetroresina

Nel linguaggio corrente con la denominazione ***FRP*** (fibre plastiche rinforzate), si intende un materiale sotto forma di stratificato costituito da una resina sintetica e rinforzi fibrosi (generalmente fibre di vetro), ottenuto mediante stratificazione a mano o meccanica. Quando la resina sintetica è una resina poliestere insatura il composito viene comunemente chiamato vetroresina (***VTR***).
La vetroresina costituisce una famiglia di materiali strutturali fra i più versatili prodotti dalle industrie delle materie plastiche. La natura inorganica delle fibre vetrose e i pregi propri della resina poliestere si fondono nelle FRP traducendosi in una combinazione che ha sostituito in molte applicazioni i materiali tradizionali, quali il legno e i metalli, e che ha creato nuove ed interessanti possibilità di materiale strutturale. Infatti il poliestere può essere trasparente o opaco, in massa, in film, in foglio, strutturalmente indipendente o accoppiato con altri materiali. Può assumere forma, colore, grana molto diversificate tra loro. I suoi valori di resistenza meccanica sono tra i più alti, ad esempio, nell'ambito dei materiali usati in edilizia. Elevate prestazioni sono garantite anche in termini di resistenza agli agenti atmosferici e agli aggressivi chimici; si usa perciò anche solo con

funzione protettiva, come rivestimento o come vernice. Si può stampare con sistemi artigianali o industriali, si lavora come un metallo, si incolla a freddo con risultati simili alla saldatura dei metalli.

Le caratteristiche delle FRP possono variare in un ambito molto vasto, a seconda del tipo di resina impiegata, del tipo di rinforzo vetroso e del metodo di fabbricazione; tra i diversi settori di impiego si evidenziano:

- scafi per yacht;
- industria tessile;
- comparto automobilistico;
- costruzioni edili;
- silos e serbatoi;
- piscine e vasche in genere;
- elettrodomestici;
- rivestimenti/verniciature;
- tubazioni e condutture;
- caldaie;
- filtri;
- coperture;
- componenti;
- modellistica;
- mobili.

Come detto in precedenza, la presente rassegna focalizza la propria attenzione sull'impiego delle FRP nella produzione di:

1) barche;
2) furgonature;
3) piccoli componenti.

5.1.1.2 Il processo

Mentre composizione, forma e dimensioni dei prodotti in FRP possono variare in maniera significativa tra un impianto ed un altro e tra linee produttive diverse, la fabbricazione tramite stampaggio è molto simile per i diversi settori.

Generalmente gli elementi presenti all'interno di un processo di fabbricazione di manufatti in vetroresina sono:

- ✓ preparazione dello stampo;

- ✓ rivestimento tramite gel e laminatura;
- ✓ polimerizzazione;
- ✓ attività di finitura e ritocco (verniciatura, rivestimento, ripresa di difetti, ecc.);
- ✓ operazioni di servizio (pulizia delle attrezzature; filtrazione e ventilazione dell'aria; stoccaggio e movimentazione delle resine).

5.1.2 Stato dell'arte delle tecnologie di lavorazione

Le tecnologie di lavorazione principali, nel caso delle fibre plastiche rinforzate (FRP), sono le seguenti:

1) stratificazione a mano o in automatico;
2) stampaggio ad iniezione di resina (*RTM – Resin Transfer Molding*);
3) stampaggio con vuoto (*VARTM – Vaccum Assisted Resin Transfer Molding*);
4) avvolgimento;
5) pultrusione.

Gli stampi utilizzati nella produzione possono essere in materiali diversi (vetroresina, carboresina, grafite, ceramica o metallo) in funzione della specifica lavorazione.

5.1.2.1 Stratificazione a mano o in automatico

Stratificazione - La stratificazione manuale consiste nello stendere strati successivi di rinforzo, a secco o preimpregnati, su uno stampo fino a completare la stratificazione di progetto. Questa fase può essere automatizzata mediante l'impiego di sistemi di deposizione automatici che tagliano e posizionano opportunamente le diverse lamine sullo stampo con elevatissimo livello di precisione.

Per l'impregnazione del rinforzo vengono utilizzati prima pennelli o rulli in stoffa con cui si distribuisce la resina e quindi rulli "frangibolla" con cui si rimuovono eventuali bolle d'aria tra fibra e resina. L'eliminazione completa dei vuoti e la completa adesione degli strati può essere ottenuta, per quanto riguarda i pezzi di dimensioni medio-piccole, anche con la *tecnica del sacco sotto vuoto:* in questo caso, una volta completata la stratificazione, si copre il laminato con un foglio di materiale plastico antiaderente e se ne sigillano i bordi, quindi da un apposito condotto viene quindi aspirata l'aria all'interno del sacco.

Polimerizzazione - Una volta che la stratificazione è stata completata, laminato e stampo vengono posti all'interno di un forno (nel caso di prodotti di grosse dimensioni come le imbarcazioni, il forno viene costruito attorno alle stesse). Quando la sola temperatura non è sufficiente per ottenere le proprietà desiderate, si realizza la polimerizzazione in un'autoclave, all'interno della quale è possibile realizzare cicli pressione -

temperatura accuratamente controllati. Il ciclo di temperatura prevede una fase di riscaldamento di norma abbastanza lenta, una permanenza alla temperatura di polimerizzazione per un tempo variabile da caso a caso e, infine, un lento raffreddamento fino alla temperatura ambiente. Talvolta, per aumentare la reticolazione del polimero, si realizza una post-cura che consiste nel mantenere il pezzo ad una temperatura superiore a quella di cura iniziale per un certo tempo. Esistono infine sistemi nei quali la polimerizzazione è indotta da una radiazione ionizzante (fascio di elettroni), da raggi X o da microonde. Le resine sensibili a questo tipo di radiazioni vengono efficacemente polimerizzate con un ottimo grado di reticolazione.

Nel caso di pezzi di dimensioni significative, qualora questi non vengano fatti polimerizzare a temperatura ambiente come normalmente succede, lo stampo è posto su un carrello scorrevole su rotaie che dalla zona di stratificazione arrivano fino a dentro l'autoclave. Se il manufatto in vetroresina è di dimensioni tali da rendere impossibile l'utilizzo di un forno (come nel caso della produzione di imbarcazioni) la polimerizzazione viene effettuata a temperatura ambiente direttamente nella postazione in cui viene realizzata la stratificazione.

5.1.2.2 Stampaggio ad iniezione di resina (RTM – Resin Transfer Molding)

Questo sistema di stampaggio consente di ottenere un'ottima qualità dello stratificato e buone caratteristiche meccaniche con ridotti templi di ciclo; consente inoltre di produrre parti spesse, anche a geometria relativamente complessa, nella forma definitiva e senza ulteriori operazioni di finitura (fatta eccezione per la *sbordatura con cui si eliminano le parti eccedenti dello stampato*).

Iniezione - Due semistampi (maschio e femmina) in metallo si aprono per la deposizione di una preforma di rinforzo secco. I due semistampi vengono quindi avvicinati e, all'interno del volume che comprende il rinforzo, viene iniettata la resina a bassa pressione (da fori opportunamente disposti lungo lo stampo). La resina iniettata segue un flusso che deve essere previsto in modo da assicurare la completa impregnazione della preforma ed evitare che, per effetto della spinta esercitata dalla resina durante l'iniezione, si possano avere spostamenti delle fibre dalle orientazioni di progetto. La tecnologia richiede resina a bassa viscosità, in modo da realizzare il rapido e completo riempimento dello stampo. Spesso vengono utilizzate resine epossidiche ed indurenti, che vengono miscelate prima dell'iniezione nello stampo.

Polimerizzazione - Lo stampo viene riscaldato così da agevolare la polimerizzazione e il tempo del ciclo risulta di molto inferiore rispetto a quello necessario per lo stampaggio manuale. Una volta terminata la polimerizzazione della resina, la parte viene estratta dallo stampo ed, eventualmente, sottoposta ad una fase di post-cura.

5.1.2.3 Stampaggio con vuoto (VARTM – Vacuum Assisted Resin Transfer Molding)

E' una variante della tecnica precedentemente descritta: in questo caso la resina viene aspirata all'interno dello stampo per effetto del vuoto e non spinta dalla pressione. Le emissioni in ambiente di lavoro vengono ridotte quasi a zero. I benefici della tecnica riguardano l'ottenimento di un elevato volume percentuale di fibre (circa il 70%) all'interno del composito, una più elevata qualità dello stratificato, la quasi totale assenza di vuoti.

Lo schema tecnologico prevede un solo stampo sul quale viene posizionato il rinforzo. L'insieme stampo più rinforzo viene racchiuso in una copertura, rigida o flessibile, che viene poi sigillata. La resina arriva all'interno dello stampo sigillato mediante opportuni condotti, variamente disposti sullo stampo. Questa tecnica viene attualmente applicata a strutture marine ed al settore trasporti.

Un'altra variante allo stampaggio ad iniezione di resina è data da una tecnica ibrida, denominata RFI (Resin Film Infusion), con la quale una preforma di fibra cucita è posta su uno stampo mentre la resina in forma di film è opportunamente posizionata sulla preforma. La combinazione di pressione e vuoto spinge la resina a percorrere lo spessore della preforma secondo linee di flusso più corte in una sola direzione. Si ottengono così distribuzione uniforme della resina e tempi del ciclo ridotti (grazie al rapido riempimento della preforma).

5.1.2.4 Avvolgimento

La tecnologia dell'avvolgimento è una delle più usate nel settore dei compositi a basse prestazioni, come ad esempio i serbatoi in vetroresina. Uno stampo, nei casi più semplici di forma cilindrica, viene posto in rotazione secondo l'asse longitudinale mentre un sistema di deposizione delle fibre percorre una traiettoria parallela allo stesso asse longitudinale. La combinazione dei due moti consente di realizzare un avvolgimento elicoidale, a passo molto ridotto, e con zone di sovrapposizione. Le forme possono anche non essere cilindriche, ma restano comunque semplici e generabili da rotazioni assiali. Nei casi più sofisticati i sistemi di lavoro sono costituiti da veri e propri robot che possono arrivare a controllare 12 assi. Il rinforzo viene avvolto dopo essere passato attraverso una vaschetta di impregnazione oppure in forma di preimpregnati.

La polimerizzazione avviene in forno o con tecniche di polimerizzazione attivate direttamente all'interno dello stampo.

5.1.2.5 Pultrusione

La tecnica della pultrusione consiste nel tirare il rinforzo costringendolo ad un percorso che lo porta prima in una vaschetta di impregnazione e poi in una trafila riscaldata dove assume la forma finale.

Impregnazione - Un sistema di produzione per la pultrusione è costituito da una rastrelliera dove trovano posto i rocchetti con il rinforzo e da una serie di guide che devono portare il rinforzo alla vaschetta favorendo il bagno del rinforzo (ed evitando contatti tra le fibre); all'uscita dalla vaschetta le fibre passano attraverso un dosatore che elimina l'eccesso di resina e subito dopo raggiungono le attrezzatura di preformatura.

Polimerizzazione - La trafila, che in genere svolge anche la funzione del forno, è in acciaio di altissima qualità e riproduce in negativo la forma da ottenere; al suo interno avviene la polimerizzazione della matrice. Il calore necessario viene assicurato mediante sistemi diversi: resistenze elettriche, circolazione di fluidi caldi in condotti interni alla trafila, microonde.

Post-trattamento - All'uscita dalla trafila il manufatto viene fatto passare in un elemento di raffreddamento e, se necessario, di post-cura. L'ultima fase di lavorazione consiste nel taglio del pezzo in lunghezze standard.

Attualmente l'applicazione principale di questa tecnologia è rappresentata da travi strutturali nel settore delle costruzioni.

5.1.3 Quadro sintetico degli aspetti ambientali connessi ai processi di lavorazione della vetroresina

I principali problemi ambientali che caratterizzano la produzione di manufatti in vetroresina sono collegati alla produzione di emissioni atmosferiche (in primis di composti organici volatili) e al consumo di sostanze pericolose; altri aspetti ambientali di rilievo non trascurabile sono la produzione di rifiuti e reflui (gestibili anch'essi come rifiuti).

Il maggior contributo all'inquinamento deriva dall'uso delle resine e delle altre sostanze chimiche impiegate per la fabbricazione delle fibre plastiche rinforzate (FRP).

Le *resine* possono essere a base di poliestere, epossidiche, poliammidiche, fenoliche e siliconiche; sono considerate sostanze pericolose e sorgenti di emissioni tossiche in aria, principalmente a causa del loro contenuto di solventi, il più utilizzato dei quali è lo *stirene*. Lo stirene viene utilizzato come diluente reattivo nel processo di fabbricazione: diluisce le resine a base di poliestere e fornisce un ponte tra le catene legandosi ad esse nei punti reattivi (processo di reticolazione). Essendo una sostanza volatile, una certa percentuale di stirene viene rilasciata nell'ambiente di lavoro, e quindi in atmosfera, durante le fasi di applicazione e di polimerizzazione della resina.

L'altro componente della vetroresina, e di tutte le FRP, è la *fibra di rinforzo*. La tipologia più comunemente utilizzata è la fibra di vetro. A seconda dell'impiego dei manufatti, e delle relative caratteristiche meccaniche e fisiche che i materiali che li costituiscono devono avere, possono essere utilizzati altri tipi di fibre come fibre di carbonio, fibre aramidiche (come il kevlar) e fibre ibride (Kevlar-vetro, carbonio-vetro, carbonio-kevlar). La

possibile dispersione in aria delle fibre di vetro rappresenta un potenziale fattore di impatto sulla salute dell'uomo che occorre tenere sotto controllo.

Ulteriori sostanze pericolose utilizzate nel processo di fabbricazione della VTR sono: *catalizzatori* delle resine (perossidi organici), *acceleranti* (ottonato o naftenato di cobalto, dimetilanilina), *vernici* (come la resina impiegata per gli strati superficiali dei manufatti, chiamata *gelcoat*), *diluenti e altri solventi* (come l'*acetone*, solvente di largo impiego nelle operazioni di lavaggio e pulizia di strumentazione e attrezzature), *agenti schiumogeni*, *stucchi* e *prodotti adesivi*. Tutti questi prodotti hanno un certo contenuto di solvente che viene rilasciato in atmosfera durante l'uso.

Stirene ed acetone, in conseguenza delle quantità utilizzate, sono i principali responsabili delle emissioni di COV dai processi di lavorazione delle FRP.

Le resine tradizionali a base di poliestere ortoftalico hanno un contenuto di stirene pari al 44-48%, di cui parte viene inglobato nel pezzo polimerizzato e parte è rilasciato in atmosfera. Le emissioni di stirene da stampi aperti tendono ad essere le più elevate a causa delle tecniche di spruzzo utilizzate per applicare la resina ad ampie superfici del pezzo che sono esposte durante la polimerizzazione. Mediante l'atomizzazione dello spray su stampo aperto, approssimativamente il 50% delle emissioni totali di stirene derivano dalla fase di spruzzo. Nel caso del gel coating, il 50% è connesso alla fase di spray e il 50% alla fase di polimerizzazione. Nell'applicazione di resine ai laminati, circa il 55% delle emissioni coincidono con la fase di sprayng e il 25% sono connesse alle operazioni di rullaggio dei laminati, mentre il 20% sono legate alla fase di polimerizzazione.

Nelle tipiche operazioni di lavorazione delle fibre plastiche rinforzate più del 50% del solvente di pulizia (acetone) utilizzato può essere disperso nell'aria tramite l'evaporazione. La porzione esausta rimanente può essere gestita in sito come rifiuto pericoloso.

A causa delle sostanze pericolose per l'ambiente e l'uomo utilizzate, anche la produzione di rifiuti (come ad esempio i rifiuti da imballaggio, i residui di resina, ecc.) e reflui (come i bagni di lavaggio delle attrezzature) costituiscono fattori ambientali significativi.

5.2 PRESENTAZIONE DELLA RASSEGNA DI TECNOLOGIE PIÙ PULITE APPLICABILI AL SETTORE

La rassegna di soluzioni tecnologiche innovative presentate al presente paragrafo riguarda le possibili soluzioni, sia in termini impiantistici che di prodotti, che consentono di ridurre, rispetto ai sistemi tradizionalmente utilizzati nel settore (tra cui sicuramente il più diffuso è quello manuale), i principali problemi ambientali che caratterizzano la lavorazione della vetroresina, ovvero il rilascio di emissioni di COV sia negli

ambienti di lavoro che in atmosfera e la produzione di rifiuti soprattutto legata all'overspray dei sistemi di applicazione a spruzzo di gelcoat e resina.

E' opportuno sottolineare che nella presentazione delle tecnologie pulite e nella valutazione delle relative ricadute ambientali si è adottato come termine di paragone il contesto medio presente nel territorio provinciale, in particolare il sistema a spruzzo airmix, che rappresenta la soluzione tecnica meno favorevole per quanto riguarda l'emissione di stirene.
Relativamente ai prodotti innovativi, invece, il riferimento è costituito dalle "resine tradizionali". Con questo termine si intendono a resine base di poliestere ortoftalico che presentano un contenuto di stirene pari a circa il 45%.

Anticipando i contenuti del presente paragrafo si sottolinea che in linea di massima la riduzione delle emissioni derivanti dalla preparazione di manufatti in vetroresina può essere ottenuta:

- sostituendo le resine tradizionali con altre a minor contenuto in stirene o con altri tipi di prodotti;
- adottando sistemi di applicazione e polimerizzazione delle resine e del gelcoat più efficienti;
- ricorrendo a prodotti che limitano l'evaporazione dello stirene presente al loro interno;
- convertendo i sistemi a stampaggio aperto con sistemi chiusi.

In particolare, per quanto concerne le innovazioni dei prodotti utilizzati nel settore della vetroresina, le possibilità offerte dal mercato per contenere le emissioni di stirene riguardano:

- ✓ resine a basso tenore in stirene;
- ✓ resine catalizzate con perossido di benzoile;
- ✓ resine addittivate con soppressori di vapore;
- ✓ prodotti termoplastici per la creazione di materiali compositi;
- ✓ compositi a base di poliuretano;
- ✓ solventi altobollenti o detergenti a base acquosa (in sostituzione dell'acetone impiegato per la pulizia delle attrezzature).

In relazione, invece, al problema della produzione di rifiuti da overspray sta prendendo piede, soprattutto per l'applicazione del gelcoat, il ricorso a sistemi di tipo elettrostatico in cui le particelle di resina sono caricate elettricamente ed attirate quindi sullo stampo anch'esso caricato; mediante tale soluzione le particelle di prodotto che non raggiungono la superficie da ricoprire sono notevolmente ridotte rispetto ai tradizionali sistemi a spruzzo.

In sostanza le azioni dei produttori di vetroresina per la riduzione dell'inquinamento possono essere orientate nelle seguenti direzioni: riduzione della percentuale di stirene nelle resine e nel gelcoat, modifiche dei metodi di applicazione tramite strumentazione a bassa emissione, modifica nelle procedure operative, installazione di dispositivi di controllo delle emissioni nell'aria, sostituzione delle sostanze utilizzate con altre meno o non inquinanti.

Pertanto, attività associate alla prevenzione dall'inquinamento sono:

- modifiche nell'equipaggiamento e nelle tecnologie;
- modifiche di processo;
- riformulazione o variazione nel design (riprogettazione) dei prodotti;
- sostituzione delle materie prime utilizzate;
- miglioramenti in operazioni ausiliarie quali la pulizia della strumentazione.

Di seguito sono presentate alcune tecnologie, modalità operative ed opportunità oggi disponibili, in un'ottica di miglioramento delle tecniche di lavorazione in senso eco-efficiente. La rassegna è suddivisa in due categorie: "Equipaggiamenti e metodi di lavorazione", che tratta le soluzioni di tipo impiantistico e/o gestionale, e "Prodotti innovativi", in cui sono presentate le possibilità di miglioramento ambientale a partire dalle materie prime utilizzate.

5.2.1 Equipaggiamenti e metodi di lavorazione

La suddivisione di base tra le tecniche adottate per la produzione di manufatti in vetroresina di seguito descritte è relativa all'utilizzo di stampi aperti o chiusi.

Le emissioni di stirene provenienti da stampi aperti tendono ad essere alte a causa delle tecniche di applicazione delle resine e del gelcoat ed in funzione della dimensione della superficie dei pezzi esposta all'aria durante la reticolazione.

Gli stampi chiusi offrono sicuramente dei vantaggi in termini di riduzione delle emissioni (praticamente eliminano l'atomizzazione delle resine), ma offrono anche un migliore rapporto resina - fibra di vetro e consentono una minor produzione di rifiuti.

5.2.1.1 Sistemi a spruzzo controllato

Campo di applicazione

Si tratta di una soluzione tecnologica attuabile nei casi di applicazione manuale delle resine a base di stirene; ciò include resine e gelcoat a base di poliestere e vinilestere e altre resine che contengono monomeri volatili.
Lo spray controllato può essere applicato in tutti i casi di atomizzazione. Il controllo dell'attività di spruzzo risulta molto efficiente nella riduzione delle emissioni atmosferiche in caso di impiego di stampi aperti.

Descrizione del funzionamento

Lo spruzzo controllato aumenta l'efficienza di trasferimento del materiale[11], riducendo nel contempo le emissioni di stirene, attraverso la minimizzazione dell'overspray. L'incremento dell'efficienza di trasferimento si raggiunge tramite la minimizzazione dell'atomizzazione delle pistole spray e la riduzione delle perdite per overspray.

La produzione di uno spray controllato e la conseguente riduzione delle emissioni sono ottenuti mediante:

1) operazioni eseguite con pistola a spruzzo alla minima pressione del fluido che produce una configurazione (*spray pattern*) accettabile,
2) formazione del personale sulla corretta tecnica di spruzzo con pistola a mano;
3) uso di flange di contenimento chiuse nello stampo con cui si minimizza la fuoriuscita dello spray oltre i bordi dello stampo.

Lo spruzzo controllato può ridurre le emissioni durante il gel coating del 40% e le emissioni dalle resine durante la fasi di laminazione del 20% rispetto all'esecuzione in modalità incontrollata.

Atomizzazione - Per creare uno *spray pattern* utile, è necessario convertire un flusso di resina pressurizzato in una forma ellittica al momento in cui esso esce dall'ugello della pistola spray. Atomizzare il fluido vuol dire scomporlo in piccole particelle di aerosol che convertono l'alta velocità del flusso incanalato in una forma a velocità inferiore. Per ottenere uno spray pattern adeguato è richiesto un livello particolare di atomizzazione, che dipende dalla reologia della resina, dalla temperatura della resina, dal tipo di pistola spray, dalla distanza tra pistola e stampo, dalla configurazione dello stampo.
La sovra-atomizzazione porta ad un aumento delle emissioni derivante dall'evaporazione del monomero e dalla ridotta efficienza di trasferimento.

[11] L'efficienza di trasferimento è costituita dal rapporto tra la quantità di materiale spruzzato e la quantità di materiale trattenuto sulla superficie dello stampo.

Tipologie di pistole spray – Sul mercato è possibile trovare diversi tipi di pistola da impiegare nelle applicazioni a spruzzo della resina; si tratta di modelli:

1) convenzionali per atomizzazione ad aria (airmix) – la resina viene rilasciata a bassa pressione. Generalmente non vengono usate per produrre resine o gel coating essendo il tipo con la più bassa efficienza di trasferimento e con la maggior produzione di emissioni;
2) ad alta pressione senz'aria (HP airless) – mediante alta pressione prodotta da una pompa la resina viene atomizzata, senza l'impiego di aria;
3) air-assist airless - sono una combinazione tra i sistemi con atomizzazione ad aria e quelli senz'aria. La pressione è inferiore rispetto alle HP. Hanno una miglior efficienza di trasferimento ed emissioni inferiori;
4) alto volume bassa pressione (HVLP) – la bassa pressione di erogazione è accompagnata da un maggior volume del flusso d'aria che consente di ottenere una miglior efficienza di trasferimento ed emissioni inferiori.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Dal punto di vista delle emissioni atmosferiche di COV, con l'impiego di sistemi a spruzzo controllato l'esposizione del lavoratore allo stirene viene ridotta e i flussi di ventilazione e di riscaldamento dell'impianto possono essere regolati conseguentemente.

Il miglioramento dell'efficienza di trasferimento riduce inoltre le perdite di materiale durante le operazioni di spraying abbattendo i costi del materiale.

Si evidenziano i seguenti elementi di criticità:

1) maggiore è il livello di atomizzazione e più alta è la pressione del flusso di fluido, maggiori sono le emissioni in aria;
2) maggiore è la superficie dell'area spruzzata, maggiore è la perdita per evaporazione. Dal momento che lo stirene evapora solo dalla superficie, lo spessore del laminato e della pellicola di gelcoat non sono un fattore di emissione una volta che il materiale è depositato (influiranno solo nella durata dello spraying).

Indicatori di performance ambientale

- efficienza di trasferimento = rapporto tra la quantità di materiale spruzzato e la quantità di materiale trattenuto sulla superficie dello stampo

- livello di esposizione degli operatori
- concentrazione di stirene nelle emissioni convogliate all'esterno

5.2.1.2 Preimpregnati

Campo di applicazione

I materiali preimpregnati costituiscono una valida alternativa per prodotti che richiedono superfici sottili ad alta rigidità. Sono solitamente utilizzati per prodotti aerospaziali, piastre goffrate, motori a sogliola, antenne radio e canne da pesca.

Si prestano ad applicazioni tramite stampi chiusi e vengono spesso accoppiati alle tecniche che prevedono lavorazioni sotto vuoto.

Descrizione del funzionamento

I *prepreg*, ovvero rinforzi presaturati con le resine, offrono notevoli vantaggi rispetto alle tecniche a spruzzo convenzionali. Il rapporto fibra-resina può essere attentamente controllato e l'atomizzazione di inquinanti viene praticamente eliminata.

Le resine utilizzate per i preimpregnati in fibra di vetro sono generalmente poliesteri a base di ftalati; per i preimpregnati in Kevlar e grafite si impiegano invece resine epossidiche, poliammidiche, fenoliche e a base di silicone.

Il processo di presaturazione consiste nello stendere il materiale nel fondo dello stampo, un sacco sotto vuoto viene posto sull'insieme, la temperatura viene innalzata e l'aria viene estratta. Dopo un prefissato periodo di tempo la temperatura viene riportata a condizioni ambiente, il sacco viene rimosso e il pezzo è pronto per il trattamento successivo.

I preimpregnati vengono prodotti immergendo le fibre, calibrate come spessore e protette da una pellicola superficiale, in una soluzione di resina già catalizzata e diluita con solvente; le fibre impregnate sono quindi disposte su superfici perfettamente piane e sottoposte ad un riscaldamento che produce una prima parziale polimerizzazione. Le lamine che si ottengono in questo modo sono posizionate e fatte aderire sullo stampo una per una. Se richiesto, terminata la stesura di tutti gli strati, si inizia la preparazione del sacco sotto vuoto.

Nell'utilizzazione delle fibre secche, l'impregnazione (eseguita tramite applicazione e distribuzione della resina con pennelli o rulli) avviene contemporaneamente all'adattamento degli strati alla superficie dello stampo. Le

inevitabili bolle d'aria tra gli strati vengono eliminate eseguendo una rullatura (con rulli frangibolla) ed eventualmente ricorrendo ad un sacco a vuoto.

Questa serie di operazioni presenta i seguenti inconvenienti:

- utilizzo di un quantitativo di resina superiore a quello strettamente necessario (a causa dell'impregnazione a mano);
- difficile eliminazione, anche ricorrendo alla formatura sottovuoto, della parte superflua, per cui il composito risulta di qualità più scadente (la resina è solo un collante senza proprietà meccaniche);
- la presenza di resina liquida rende gli strati di fibra molto mobili (accrescendo le difficoltà di esecuzione di un buon sacco a vuoto).

Ricorrendo alle fibre preimpregnate è possibile ottenere, grazie alla calibratura e alla parziale essiccazione, un rapporto fibra - resina migliore (normalmente 60-65% fibra e 35-40% resina) e una maggior compattezza che facilita l'esecuzione del sacco sotto vuoto.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Gli aspetti ambientali connessi con queste tecniche di lavorazione riguardano il consumo energetico necessario per il riscaldamento del preimpregato e la produzione di rifiuti solidi (costituiti dai sacchi usa e getta utilizzati per il vuoto).

Il vantaggio principale, sia dal punto di vista produttivo che ambientale, riguarda il minor consumo di resina per la formazione del manufatto finale. I sistemi di sacco a vuoto associati all'impiego di materiali preimpregnati riducono inoltre l'emissione di stirene nell'ambiente di lavoro in fase di reticolazione. Se lo stampo è riscaldato il miglioramento è ulteriore in quanto si riducono i tempi.

Esempi applicativi

Owens Corning

tel. 32-2674-8322, 32-2-674-83-48, 32-2-674-83-80

Fax 800-878473, 800-878473

www.owenscorning.com

Vengono prodotti componenti e parti con questa tecnica, relativamente al settore nautico.

Si tratta di un processo di stampaggio intermedio nel quale il rinforzo viene assemblato nella forma idonea al pezzo che deve essere stampato. Ciò aiuta ad assicurare proprietà uniformi nel prodotto composito e

velocizza il ciclo di stampaggio. Comunemente, vengono utilizzate le fibre preformate create tramite taglio di *multi-end* roving con una resina legante e applicate sulla parte superiore degli schermi stampati. Mantenuto in posto con pressione sotto vuoto, lo schermo viene posizionato in un forno per asciugare e attivare il legante. Un altro metodo usa mat in filamento continuo con un legante termoformatore.

La preforma complessa può venire assemblata utilizzando combinazioni di materiali e fabric in presse o sotto vuoto.

I preimpregnati vengono utilizzati anche durante le operazioni svolte mediante Vacuum Bagging.

Indicatori di performance ambientale

- rapporto resina – fibra di vetro
- livello di esposizione dei lavoratori
- concentrazione di stirene nelle emissioni convogliate all'esterno

Fornitori

Euroresins Italia s.r.l.
Via Val Formazza 10,
20157 Milano (MI) - Italy
Tel. 02-332 07 11
Fax. 02-355 63 67
www.euroresin.com

Vetrotex
Sede in Europa: Saint-Gobain Vetrotex Renforcement
Address : 130 AV des Follaz, BP 928, Chambery - France F73009
Tel/fax : 33 479 96 82 16 / 33 479 96 84 17
http://www.vetrotex.com/
Il Gruppo produce fibre di rinforzo che possono essere utilizzate nei processi che prevedono la pre-impregnazione dei rinforzi.

Saati group - divisione seal
Sede: Legnano (MI)
www.saati.com
SAATI è un gruppo impegnato, tramite un'apposita divisione (marchio SEAL), nella produzione di compositi avanzati.

Di particolare rilievo ai fini del presente documento risulta una linea che produce preimpregnati di tessuti, multiassiali e unidirezionali, utilizzando sistemi di resine, formulati e prodotti internamente, di matrice epossidica, fenolica e termoplastica.
I filati impregnati coprono tutte le tipologie di fibra di carbonio, di vetro e aramidiche. I sistemi prodotti sono rivolti ai settori automobilistico, navale, attrezzatura sportiva, componentistica per la balistica.

5.2.1.3 Sistemi di impregnazione "in house"

Campo di applicazione

I sistemi di impregnazione *"in house"* delle resine oggi disponibili sono convenienti per operazioni che richiedono la produzione di grossi volumi di resine sature, cioè per grossi componenti. Vengono utilizzati nei sistemi a rulli per l'applicazione della vetroresina su stampi aperti.

Descrizione del funzionamento

Gli impregnatori utilizzati nei sistemi *"in house"* possono essere ubicati all'interno dell'area di laminazione dell'impianto e montati in maniera tale da introdurre i materiali saturi di resina direttamente nelle operazioni di stampaggio. Un miscelatore statico può essere incorporato nelle pompe convenzionalmente usate per l'applicazione delle resine e un dispositivo di misura fornisce la miscela corretta al sistema a rulli. La vetroresina si impregna al passaggio attraverso il sistema di rulli. Sono usate resine e fibre di vetro convenzionali.
Questo sistema si pone in alternativa ai normali metodi di laminazione manuali o automatici.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

I benefici derivanti dai sistemi "in house" sono collegati alla riduzione delle emissioni derivanti dall'effettuazione delle operazioni su stampi aperti. Non c'è atomizzazione a spruzzo, perciò i livelli di emissione interni ed esterni all'impianto vengono minimizzati. Anche rispetto all'applicazione a rullo risulta migliorativo in quanto vengono evitate le evaporazioni dal secchio.
Gli impregnatori assicurano un elevato controllo dei rapporti fibra-resina e catalizzatore-resina. Vengono inoltre ridotte le operazioni di rullaggio e la contaminazione dell'aria nell'ambiente di lavoro relativa allo stirene.

Un problema all'adozione di questa tecnica di lavorazione risiede nella necessità di apportare modifiche impiantistiche rispetto alle linee tradizionali. Ciò è particolarmente vero per i piccoli componenti, meno, ad esempio, per grosse barche e cisterne: i costi dell'impianto sono più elevati rispetto ai sistemi tradizionali di impregnazione ma si garantisce un maggior rendimento e pertanto i sistemi oggi disponibili risultano in definitiva convenienti per operazioni che richiedono la produzione di grossi volumi di resine sature.
Ulteriori vantaggi connessi con i sistemi "in house" sono un aumento di produttività, un uso più efficiente dei materiali e un conseguente miglioramento nella qualità del laminato, una riduzione della necessità di elaborati sistemi di controllo della filtrazione dell'aria.

Indicatori di performance ambientale

- rapporti fibra-resina e catalizzatore-resina
- n° operazioni di "rolling"
- livello di esposizione dei lavoratori
- concentrazione di stirene nelle emissioni convogliate all'esterno

5.2.1.4 Applicatori a rulli

Campo di applicazione

I sistemi a rullo sono usati per l'applicazione su stampi aperti.

Descrizione del funzionamento

Nei sistemi a rullo tradizionali la resina è contenuta in un secchio, nel quale viene intriso il rullo, ma esistono anche unità di applicazione delle resine dotate di rulli che utilizzano un sistema di pompaggio a fluido per prelevare le resine dalle linee di distribuzione o dai fusti che le contengono. Il sistema di pompaggio include una pompa separata per il catalizzatore. Queste due pompe forniscono resina e catalizzatore ad un miscelatore statico. Non essendo richiesta atomizzazione, la pressione di erogazione della resina è inferiore ai 100 PSI (libbre per pollice quadrato), che corrispondono a circa 6,8 atm (1 PSI = 0,068 atm). Esiste un controllo della pressione che permette un corretto rapporto dei quantitativi di resina e catalizzatore. Un tubo flessibile, collegato al miscelatore, trasporta quindi la resina catalizzata al rullo applicatore.

Le unità di applicazione a rulli possono essere fissate al muro oppure montate su carrelli. La disposizione più efficace consiste nel montare l'unità di miscelazione statica su un cursore a ponte poiché ciò consente una maggiore libertà di movimento all'operatore e una riduzione nel volume di resina catalizzata. Il flusso di resina viene distribuito tramite un manometro interno al rullo.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

L'installazione dei rulli erogatori di resina non richiede eccessive modifiche impiantistiche, né compressori ad alta capacità. Sebbene la quantità di resina erogata per minuto sia inferiore rispetto alle pistole spray, il peso dei laminati prodotti in un'ora è competitivo con altre forme di stesura a mano.
I rulli erogatori possono trasferire resine catalizzate alla superficie dello stampo eliminando perdite di materiale dovute a vaporizzazione dello spray, appannamento, overspray, turbolenza e rimbalzi.
Non richiedendo tale sistema un'atomizzazione della resina, contrariamente alle apparecchiature a spruzzo, consente anche di ridurre le emissioni di stirene in fase di applicazione. Il miglioramento rispetto alle tecniche a spruzzo è relativo sia ai rulli tradizionali che a quelli erogatori.

Indicatori di performance ambientale

- efficienza di trasferimento = rapporto tra la quantità di materiale spruzzato e la quantità di materiale trattenuto sulla superficie dello stampo
- livello di esposizione degli operatori
- concentrazione di stirene nelle emissioni convogliate all'esterno

5.2.1.5 Applicatori a flusso

Campo di applicazione

I sistemi a flusso possono essere utilizzati per l'applicazione delle resine su stampi aperti (per colatura). In genere trovano applicazione nel settore furgonatura.

Descrizione del funzionamento

L'applicatore a flusso produce l'erogazione delle resine a bassa pressione senza generare un'atomizzazione del prodotto come invece si verifica con le tecniche a spruzzo convenzionali. Praticamente la resina viene colata all'interno dello stampo. Servono poi passaggi, solitamente manuali, per consentire una uniforme distribuzione del prodotto su tutto lo stampo.

Questa tecnica in genere viene accoppiata al rullo: tramite colatura viene distribuita la prima passata e con i rulli si procede alle successive.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Tramite i sistemi di applicazione a flusso è possibile ottenere una significativa riduzione delle emissioni di stirene pari al:

- 25% per resine con tenore in stirene del 35%;
- 43% per resine con tenore in stirene del 42%.

I miglioramenti più rilevanti sono relativi all'esposizione del lavoratore, con una riduzione delle concentrazioni di picco di oltre il 75%.

Un possibile problema è rappresentato dalla deposizione ineguale di resine e vetro da cui si rende necessario effettuare operazioni di distribuzione della resina dopo aver prodotto la colata. I nuovi modelli presenti sul mercato risultano inoltre migliori, sotto questo profilo, rispetto alle prime apparecchiature realizzate per l'erogazione a flusso.

Indicatori di performance ambientale

- pressione di erogazione
- efficienza di trasferimento = rapporto tra la quantità di materiale spruzzato e la quantità di materiale trattenuto sulla superficie dello stampo
- livello di esposizione degli operatori
- concentrazione di stirene nelle emissioni convogliate all'esterno

5.2.1.6 Sacco sotto vuoto (Vacuum Bagging)

Campo di applicazione

Il sacco sotto vuoto può sostituire le operazioni convenzionali di stampaggio su stampi aperti in quanto gli stampi sono costruiti con i medesimi materiali e con le stesse tecniche. Le resine e i materiali di riempimento differiscono invece lievemente da quelli utilizzati per produrre componenti tramite stampi aperti. Possono essere associate ai sistemi con sacco sotto vuoto anche le tecniche di gel coating convenzionali, ovverosia prima il gelcoat viene steso con gli idonei sistemi e poi si procede alla formazione del laminato con la tecnica del sacco sotto vuoto.

Il sacco sotto vuoto è applicabile alla produzione di componenti di piccole e medie dimensioni. I settori maggiormente coinvolti sono le strutture marine ed il settore trasporti. Manufatti in vetroresina ideali per l'impiego del sistema sottovuoto sono sedie, boccaporti delle navi, strutture dei ponti delle barche medio-piccole e paratie.

Descrizione del funzionamento

Il processo di stampaggio avviene all'interno di un sacco sotto vuoto e segue l'applicazione del gelcoat (ovvero dello strato superficiale esterno non rinforzato) sulla superficie dello stampo. Può essere previsto, se è richiesta una qualità più elevata, uno strato superficiale di vetro disteso sul gelcoat. I rinforzi (in vetro o in altri materiali) sono posizionati nello stampo e quindi le resine catalizzate possono esservi applicate sopra. Una volta terminata la stratificazione dei materiali all'interno dello stampo la superficie esposta viene coperta da strati speciali di plastica flessibile (PVC o PE) che sono sigillati ai bordi dello stampo. Prima che inizi la polimerizzazione delle resine viene creato il vuoto attraverso l'attacco di un manicotto con cui si aspira l'aria da una o più aperture posizionate in punti idonei dello stampo o della copertura in plastica. Lo strato in plastica con cui viene sigillato lo stampo esercita, durante la creazione del vuoto, una pressione sugli strati del laminato permettendo una migliore distribuzione dei materiali, una perfetta coesione e formatura (azione di controstampo).

In altre tipologie di sistemi con sacco sottovuoto la resina arriva direttamente all'interno dello stampo sigillato mediante opportuni condotti variamente disposti. L'invio della resina può avvenire sia in pressione che tramite risucchio operato dalla creazione del vuoto all'interno dello stampo, senza produzione di atomizzazione del prodotto.

Un alto livello di controllo del rapporto fibra di vetro-resina può essere ottenuto controllando attentamente il vuoto e assorbendo la resina in eccesso attraverso un'apposita valvola di spurgo collocata tra il laminato e il sacco sotto vuoto.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Dal momento che non vengono utilizzate tecniche a spruzzo (se non per l'applicazione dello strato di gelcoat), l'emissione di stirene viene ridotta. La chiusura dello stampo in fase di polimerizzazione riduce anche le emissioni nell'ambiente di lavoro. Lo sfiato da cui viene estratta l'aria dallo stampo per la creazione del vuoto può essere collegato ad un sistema di abbattimento per le emissioni di stirene rilasciate.

Tramite il pompaggio o il richiamo delle resine, premiscelate con i catalizzatori, direttamente nello stampo si possono eliminare appannamento, rimbalzi ed overspray. L'eccesso di resina può venire rimossa attraverso il sistema di spurgo posizionato sotto il sacco. In termini di produzione di rifiuti la tecnologia con il sacco a vuoto genera sacchetti usati (ciascun sacco si impiega una volta sola), materiale di spurgo e pellicola.

Un vincolo all'adozione di questa tecnologia risiede nella dimensione e nella forma del pezzo.

Paragonato allo stampaggio aperto, il ritorno (in termini economici) è grande in produzioni di moderate quantità, che richiedono grande resistenza accoppiata a leggerezza. La forma del pezzo non deve essere però troppo complessa.

Esempi applicativi

Owens Corning

tel. 32-2674-8322, 32-2-674-83-48, 32-2-674-83-80

Fax 800-878473, 800-878473

www.owenscorning.com

La tecnica del Vacuum Bagging viene utilizzata per la preparazione di compositi usati per la costruzione di parti di aerospaziali, di mulini a vento e in altre applicazioni. I materiali vengono preimpregnati tramite la resina e, tipicamente, vengono laminati tramite il vacum bagging.

I componenti includono pellicola o tessuto (fabric), un mezzo che consenta lo sfiato e una pellicola plastica, che vengono applicati in sequenza sulla cima di una pila di laminati tramite uno stampo ad aria compressa. L'aria e la pellicola interni allo stampo vengono estratti tramite una pompa sotto vuoto, risultante di una pressione positiva. Tale compressione allontana l'aria e la resina in eccesso dal laminato composito o dai componenti.

Indicatori di performance ambientale

- efficienza di trasferimento = rapporto tra la quantità di materiale spruzzato e la quantità di materiale trattenuto sulla superficie dello stampo
- livello di esposizione degli operatori
- quantità di rifiuti prodotti per quantità di resina lavorata
- concentrazione di stirene nelle emissioni convogliate all'esterno

Fornitori

Chomarat

http://www.chomarat.com

In Italia sono presenti le seguenti sedi di distribuzione di FRP:

RESIPOL s.r.l.
Via Terracini 17/19
20089 P. SESTO DI ROZZANO (MI)
Tel. (39) 02 89 20 02 80
Fax : (39) 02 89 20 02 83

CMV SERVICE s.r.l.
Via Labriola, 42
41100 MODENA
Tel. (39) 059 828400
Fax : (39) 059 82 08 50

RESINTEX SRL
Via Delle Grotte no 5
00040 ARICCIA (ROMA)
(39) 06 93 43 540
Fax : (39) 06 93 44 555

RESINTEX SRL
Via 1 Maggio 9
ZI Terrafino
74100 EMPOLI
Tel. (39) 05 71 81 294
Fax : (39) 05 71 83 738

La Chomarat produce e commercializza fibre di rinforzo per compositi. I vari prodotti sono orientati verso specifiche tecnologie di lavorazione. Ad esempio, nel caso di prodotti relativi al settore roving si rilevano termoindurenti destinati a processi che presentano le tecniche di Injection - RTM - SRIM - Vacuum molding.

Vetrotex

http://www.vetrotex.com

Sede in Europa: Saint-Gobain Vetrotex Renforcement

Address : 130 AV des Follaz, BP 928, Chambery - France F73009

Tel/fax : 33 479 96 82 16 / 33 479 96 84 17

La produzione della società è mirata alla commercializzazione di fibre da inserire come rinforzo nei FRP (fabrics, roving, strand mats).

La tipologia di prodotti commercializzati (rinforzi per polimeri) possono essere adottati nei processi di stampaggio chiuso a bassa pressione: RTM, RIM, Resin infusion, Vacuum molding.

5.2.1.7 Stampaggio a iniezione di resina (RTM)

Campo di applicazione

La tecnica dello stampaggio ad iniezione viene utilizzata nei casi di stampaggio tramite stampi chiusi e trova applicazione nella produzione di piccoli pezzi.

Descrizione del funzionamento

Nel campo dei manufatti in vetroresina sono possibili due diverse modalità di stampaggio: lo stampaggio a compressione e lo stampaggio a iniezione di resina. Il primo sistema comporta costi elevati di esercizio degli stampi in metallo all'interno dei quali il materiale viene pressato tra due superfici riscaldate, con una rapida polimerizzazione provocata dalle temperature elevate. Anche nello stampaggio ad iniezione si usano stampi accoppiati, ma non devono essere in metallo e non è richiesto un sistema di serraggio ad alta pressione (e pertanto i costi di esercizio risultano inferiori).

L'iniezione della resina viene effettuata in uno stampo chiuso mantenuto a temperatura ambiente. Il processo comincia con l'applicazione del gelcoat su una o entrambe le facce dello stampo, a seconda dei requisiti. Il rinforzo di vetro è poi fissato sullo stampo (solitamente nella parte maschio). Dopo la chiusura dello stampo la resina catalizzata viene iniettata, per mezzo del vuoto o della pressione o delle due forze combinate, nello

spazio compreso tra le due facce dello stampo. L'iniezione avviene di solito nel punto o nei punti più bassi dello stampo mentre nella posizione superiore sono collocati gli sfiati con cui si crea il vuoto. Il ricorso alla pressione è necessario quando si devono produrre pezzi con una elevata percentuale di rinforzo dato che il solo vuoto renderebbe il procedimento molto lungo.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Lo stampaggio ad iniezione, avvenendo all'interno di un sistema chiuso, elimina il problema dell'atomizzazione delle resine e della conseguente emissione di stirene in ambiente di lavoro. Gli stampi sono dotati di sfiato che può essere convogliato a sistemi di abbattimento delle emissioni.

Esempi applicativi

Owens Corning

tel. 32-2674-8322, 32-2-674-83-48, 32-2-674-83-80

Fax 800-878473, 800-878473

www.owenscorning.com

RTM è un processo di stampaggio liquido nel quale una resina termoindurente viene iniettata nella cavità di uno stampo chiuso per la creazione di parti semi-strutturali di moderato volume. Tramite questa tecnologia possono essere usati come rinforzo: filamenti continui di mat, fabrics, roving, preform, chopped strand mat.
Questa tecnica viene utilizzata nella produzione di pezzi compositi usati nella realizzazione di parti di camion o nelle cabine elettriche.
La pressione di stampaggio è inferiore rispetto al processo di stampaggio in compressione, e questo fa si che i costi di investimento collegati a strumentazione ed equipaggiamento siano inferiori rispetto allo stampaggio in compressione di alto volume, ma superiori rispetto ai processi di stampaggio aperto.
Questa tecnologia è associata anche ai settori marino, infrastrutture, e costruzioni.

Nel caso di Injection Molding le resine vengono iniettate in stampi di metallo accoppiati. I polimeri sono comunemente termoplastici e, durante il processo, il polimero grezzo in forma di pellet viene riscaldato fino al punto di fusione e iniettato nella stampo raffreddato. Vengono utilizzati anche termoindurenti come i *Bulk Molding Compounds* (BMC), che vengono iniettati in stampi riscaldati per attivare i fenomeni di reticolazione e polimerizzazione. Per le parti ad alta resistenza, le fibre tagliate e i filler vengono miscelati nella resina con un estrusore a vite (*screw-type)*. E' il caso di termoplastici con fibre lunghe (LFTP) nella produzione di pezzi che

richiedono caratteristiche di forza e resistenza, incrementate dalla lunghezza delle fibre, particolarmente richieste nelle applicazioni del settore automobilistico.

Techéma

Via Socrate 13 - zona industriale

22070 Casnate (C0) Italy

tel +39 031 452369

fax +39 031 3399306

www.techema.it

La tecnologia utilizzata per la produzione di plastici rinforzati è mirata all'industria dei veicoli e delle macchine industriali. Oltre alla tecnica tradizionale di lavorazione a mano (applicata per alcune tipologie di prodotti), vengono utilizzate:

RTM (Resin Transfer Molding): sono state sviluppate tecniche a iniezione o tramite pressa, nel primo caso è ricercata una miglior qualità, mentre nel secondo caso una maggior produttività.

In ogni caso questi miglioramenti hanno richiesto alti costi per gli stampi, perciò non è stato economicamente vantaggioso applicare questa tecnologia alle produzioni in serie medie.

Vacuum Assisted Resin Tranfer Molding: questa tecnologia, che combina il processo di iniezione con il processo sotto vuoto, ha permesso di ottenere i seguenti vantaggi:

- grande riduzione del peso dello stampo;
- grande riduzione del costo dello stampo, se comparato al RTM tradizionale:
- nessun utilizzo di sistemi meccanici o idraulici per il taglio;
- possibilità di produrre grossi elementi (fino a 5m x 5m) senza processi idraulici.

I componenti prodotti con questa tecnologia sono privi di bolle d'aria, garantendo proprietà meccaniche migliori, e la preparazione per la verniciatura è molto rapida. E' idonea anche per piccole serie, dal momento che i costi di investimento per gli stampi sono bassi, consentendo così di fissare uno standard di qualità.

Indicatori di performance ambientale

- livello di esposizione degli operatori
- concentrazione di stirene nelle emissioni convogliate all'esterno

Fornitori

Chomarat

http://www.chomarat.com

In Italia sono presenti le seguenti sedi di distribuzione di FRP:

RESIPOL s.r.l.
Via Terracini 17/19
20089 P. SESTO DI ROZZANO (MI)
Tel. (39) 02 89 20 02 80
Fax : (39) 02 89 20 02 83

CMV SERVICE s.r.l.
Via Labriola, 42
41100 MODENA
Tel. (39) 059 828400
Fax : (39) 059 82 08 50

RESINTEX SRL
Via Delle Grotte no 5
00040 ARICCIA (ROMA)
(39) 06 93 43 540
Fax : (39) 06 93 44 555

RESINTEX SRL
Via 1 Maggio 9
ZI Terrafino
74100 EMPOLI
Tel. (39) 05 71 81 294
Fax : (39) 05 71 83 738

La Chomarat produce e commercializza fibre di rinforzo per compositi. I vari prodotti sono orientati verso specifiche tecnologie di lavorazione. Ad esempio, nel caso di prodotti relativi al settore roving si rilevano termoindurenti destinati a processi che presentano le tecniche di Injection - RTM - SRIM - Vacuum molding.

Vetrotex

http://www.vetrotex.com

Sede in Europa: Saint-Gobain Vetrotex Renforcement
Address : 130 AV des Follaz, BP 928, Chambery - France F73009

Tel/fax : 33 479 96 82 16 / 33 479 96 84 17

La produzione della società è mirata alla commercializzazione di fibre da inserire come rinforzo nei FRP (fabrics, roving, strand mats).

La tipologia di prodotti commercializzati (rinforzi per polimeri) possono essere adottati nei processi di stampaggio chiuso a bassa pressione: RTM, RIM, Resin infusion, Vacuum molding.

5.2.1.8 Infusione delle resine

Campo di applicazione

Tecnica mista che associa elementi del sacco sottovuoto e dello stampaggio ad iniezione.

Descrizione del funzionamento

L'infusione riduce le emissioni di stirene poiché il laminato viene prodotto mediante impregnazione della fibra e successiva polimerizzazione all'interno di un sistema chiuso, come si verifica anche nel caso dello stampaggio per iniezione. L'uso di una combinazione di pressione e vuoto per indurre una migliore permeazione della resina nelle fibre di rinforzo è un aspetto in comune alla tecnica del sacco sottovuoto. Il processo richiede uno stampo simile a quelli utilizzati nei processi di stampaggio aperto e un'unità nella quale creare il vuoto.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Questa tecnica consente di raggiungere un rapporto fibra-resina 70:30 e la virtuale eliminazione di bolle d'aria intrappolate e vuoti formatisi.

Come nel caso dello stampaggio ad iniezione, l'impiego di un sistema chiuso consente di minimizzare l'emissione di stirene in ambiente di lavoro. Attraverso gli sfiati da cui si crea il vuoto si possono convogliare a sistemi di abbattimento i vapori di stirene estratti dallo stampo.

Esempi applicativi

Owens Corning

tel. 32-2674-8322, 32-2-674-83-48, 32-2-674-83-80

Fax 800-878473, 800-878473

www.owenscorning.com

Nel processo di stampaggio chiuso RIM (Reaction Injection Molding) componenti reattivi liquidi – generalmente poliuretani termoindurenti – vengono miscelati ad alta pressione e iniettati in stampi di metallo

riscaldati. Questa tecnologia include il RRIM (Reinforced Reaction Injection Molding), nella quale un particolare tipo di riempimento, fibra spezzettata o rinforzo a scaglie, viene miscelato alla resina per produrre le parti resistenti, e il SRIM (Structural Reaction Injection Molding), utilizzato per i pezzi ad altissima resistenza. In questo caso i rinforzi vengono caricati su appositi strumenti per l'asciugatura, nei quali il sistema di resine reattive può venire diffuso/distribuito prima che la strumentazione venga chiusa oppure iniettato dopo la chiusura.
Questa tecnologia è associata ai settori automobilistico, beni di consumo ed elettronica.

Per quanto riguarda i processi di stampaggio per infusione come il VARTM, essi utilizzano un solo stampo (e non una coppia maschio/femmina) che viene riempito con i rinforzi e sigillato con un sacco o una pellicola flessibili sotto vuoto. Il vuoto viene creato nello spazio tra lo stampo e il sigillo contenente i rinforzi, e ad una resina termoindurente viene permesso di infiltrarsi nel rinforzo. Il flusso di resina attraversa i rinforzi e reticola per formare il composito finito.
Questa tecnologia può essere utilizzata tramite strumentazione a basso costo e consente, mediante un processo chiuso, il controllo delle emissioni.
Compositi strutturali di grandi dimensioni possono essere prodotti in questo modo, destinati a costituire parti di scafi di barche e pale dei mulini a vento.

Indicatori di performance ambientale

- rapporto resina-fibra di vetro
- concentrazione di stirene nelle emissioni convogliate all'esterno

Fornitori

Chomarat
http://www.chomarat.com
In Italia sono presenti le seguenti sedi di distribuzione di FRP:

RESIPOL s.r.l.
Via Terracini 17/19
20089 P. SESTO DI ROZZANO (MI)
Tel. (39) 02 89 20 02 80
Fax : (39) 02 89 20 02 83

CMV SERVICE s.r.l.
Via Labriola, 42
41100 MODENA
Tel. (39) 059 828400
Fax : (39) 059 82 08 50

RESINTEX SRL
Via Delle Grotte no 5
00040 ARICCIA (ROMA)
(39) 06 93 43 540
Fax : (39) 06 93 44 555

RESINTEX SRL
Via 1 Maggio 9
ZI Terrafino
74100 EMPOLI
Tel. (39) 05 71 81 294
Fax : (39) 05 71 83 738

La Chomarat produce e commercializza fibre di rinforzo per compositi. I vari prodotti sono orientati verso specifiche tecnologie di lavorazione. Ad esempio, nel caso di prodotti relativi al settore roving si rilevano termoindurenti destinati a processi che presentano le tecniche di Injection - RTM - SRIM - Vacuum molding.

Vetrotex
http://www.vetrotex.com
Sede in Europa: Saint-Gobain Vetrotex Renforcement
Address : 130 AV des Follaz, BP 928, Chambery - France F73009
Tel/fax : 33 479 96 82 16 / 33 479 96 84 17
La produzione della società è mirata alla commercializzazione di fibre da inserire come rinforzo nei FRP (fabrics, roving, strand mats).
La tipologia di prodotti commercializzati (rinforzi per polimeri) possono essere adottati nei processi di stampaggio chiuso a bassa pressione: RTM, RIM, Resin infusion, Vacuum molding.

5.2.2 Prodotti innovativi

Le più significative possibilità di pervenire ad un miglioramento del profilo ambientale connesso con la produzione di manufatti in vetroresina sono offerte da prodotti innovativi che consentono di ridurre “a monte” i

principali aspetti di inquinamento. Alcuni limiti di tipo prestazionale devono però ancora essere superati, mediante interventi di ricerca mirata, per consentire un'ampia diffusione di questi sistemi.

5.2.2.1 Resine a basso tenore in stirene

Campo di applicazione

Le resine di "nuova generazione", con un contenuto di stirene inferiore rispetto ai prodotti tradizionali, presenti sul mercato non hanno limitazioni legate al campo di applicazione (in termini di prodotti e/o tecnologie di utilizzo) ma al momento sono ancora caratterizzate da limiti di tipo fisico, ovvero una maggiore viscosità che rende più difficoltoso il processo di impregnazione delle fibre.

Descrizione del funzionamento

Le resine tradizionali sono generalmente a base di poliestere (ortoftalico, isoftalico e vinil estere) e contengono approssimativamente il 40-50% in peso di stirene. Le resine a base di diciclopentadiene presentano un tenore in stirene inferiore (non superiore al 35%). Attualmente le resine disponibili sul mercato con minor contenuto in stirene variano dal 33,5% al 35%. Al di sotto di questa soglia le caratteristiche meccaniche della resina diventano insoddisfacenti.

Le resine a basso tenore in stirene presentano una maggiore viscosità; questo rende difficile inumidire la superficie e saturare le fibre di vetro.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

La riduzione del contenuto di composti organici volatili (stirene) all'interno del prodotto applicato comporta un miglioramento del livello di emissioni rilasciato sia nell'ambiente di lavoro che in atmosfera. Il contenuto di stirene è comunque ancora abbastanza elevato e la ricerca per la messa a punto di nuovi prodotti dovrà cercare soluzioni che consentano nel contempo un'ulteriore riduzione del contenuto di solvente / monomero e un mantenimento del livello ottimale di proprietà meccaniche in grado di consentire un agevole applicazione.

Le difficoltà di impregnazione che si hanno con l'utilizzo delle resine a basso contenuto di stirene possono indurre, se non si eseguono accuratamente le diverse fasi di laminazione, alla produzione di scarti, ovverosia di rifiuti.

Indicatori di performance ambientale

- contenuto di stirene all'interno della resina
- livello di esposizione degli operatori
- concentrazione di stirene nelle emissioni convogliate all'esterno

Fornitori

Euroresins Italia s.r.l.
Via Val Formazza 10,
20157 Milano (MI) - Italy
Tel. 02-332 07 11
Fax. 02-355 63 67
www.euroresin.com

DSM Italia
Via S. Pellico 12
22100 Como
Tel. 031-236111
Fax. 031-572520
www.dsm.nl
La DSM risulta attenta al problema della riduzione delle emissioni di stirene, che rimane il principale problema collegato ai processi di stampaggio aperto di resine poliesteri insature.
Con questo obiettivo ha utilizzato per anni resine con soppressori di vapore (cioè addizionate da sostanze in grado di formare pellicole che impediscono l'evaporazione di stirene), ma dal 1995 ha introdotto il programma INSERT resins (INtrinsic Styrene Emission Reduction Technology) che ha reso possibile l'utilizzo di resine poliesteri con un contenuto di stirene pari al 25%, mantenendo caratteristiche meccaniche simili a alle tradizionali resine poliesteri insature.
Le resine INSERT mostrano un buon comportamento durante l'applicazione e soddisfacenti caratteristiche del prodotto. Applicazioni nell'industria marina confermano che le resine INSERT riducono le emissioni di stirene nei processi con stampo aperto del 35%.

Akzo Nobel
Sede Amministrativa e Commerciale:
Akzo Nobel Coatings SpA
via Emilia 2 - 26861 Fombio (LO)
www.akzonobel.it
http://www.interpon.it
www.international-marine.com
www .international-pc.com
www.yachtpaint.com
http://www.resins.akzonobel.com
www.polymerchemicals.com

5.2.2.2 Resine con soppressori di vapore

Campo di applicazione

Le resine contenenti soppressori di vapore sono indicate per l'applicazione su stampi aperti.

I soppressori non sono però applicabili a tutte le situazioni, ma dipendono dal tipo di resina e dai requisiti strutturali del laminato. Sono particolarmente indicati nella realizzazione di pezzi costituiti da un solo strato.

Descrizione del funzionamento

Le resine con soppressori di vapore sono prodotti contenenti agenti, chiamati appunto "soppressori di vapore", in grado di formare pellicole superficiali sullo strato di resina con conseguente riduzione dell'evaporazione dello stirene. Questo tipo di additivi sono tipicamente prodotti a base di cera alifatica, come la paraffina. La loro funzione è di separarsi rapidamente dalla fase della resina e formare una pellicola sulla superficie del laminato polimerizzato. Il film ceroso così costituitosi inibisce l'evaporazione dello stirene.

Quando si usa un soppressore di vapore esiste una finestra temporale ideale entro la quale procedere all'applicazione, compresa tra 2 e 24 ore in funzione dello specifico additivo, del tipo di resina, il tempo di gel coating del laminato, le condizioni e la temperatura di polimerizzazione (il laminato risulta ben polimerizzato se esposto all'atmosfera. Questo vale in particolare per resine ortoftaliche, isoftaliche e vinil estere).

La formazione del film si verifica durante la fase di polimerizzazione statica (quiescente) e non durante il trasporto (fase di spray) della resina o il trattamento della superficie.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Con il metodo di applicazione manuale l'utilizzo di soppressori di vapore in resine ad alto contenuto in stirene induce una riduzione delle emissioni proporzionalmente maggiore rispetto alla loro presenza in prodotti a quelle a basso tenore. Recentemente alcuni applicatori di flusso hanno consentito emissioni similari a quelle rilasciate con i sistemi manuali; l'accoppiamento di questi sistemi con l'utilizzo di soppressori di vapore consente di confinare le emissioni di stirene in un range pari a circa 1-2% del peso della resina. Più velocemente le resina viene trasferita al laminato e minori sono le emissioni. I benefici ambientali in termini di emissioni di stirene sono quindi significativi.

La pellicola di cera a base di paraffina riduce l'aderenza tra i laminati e questo costituisce un problema strutturale in caso di delaminazione: la barriera cerosa limita la cementazione con altri strati sovrapposti; in questi casi la capacità di aderenza può essere migliorata tramite un'azione abrasiva (operazione di

carteggiatura) sulle parti reticolate prima dell'applicazione dello strato del laminato successivo. Negli ultimi tempi sono state inoltre studiate formulazioni di soppressori sofisticate, che incorporano acceleratori dell'adesione tra le due superfici.

Indicatori di performance ambientale

- livello di esposizione degli operatori
- concentrazione di stirene nelle emissioni convogliate all'esterno

Fornitori

Euroresins Italia s.r.l.
Via Val Formazza 10,
20157 Milano (MI) - Italy
Tel. 02-332 07 11
Fax. 02-355 63 67
www.euroresin.com

DSM Italia
Via S. Pellico 12
22100 Como
Tel. 031-236111
Fax. 031-572520
www.dsm.nl

Akzo Nobel
Sede Amministrativa e Commerciale:
Akzo Nobel Coatings SpA
via Emilia 2 - 26861 Fombio (LO)
www.akzonobel.it
http://www.interpon.it
www.international-marine.com
www .international-pc.com
www.yachtpaint.com
http://www.resins.akzonobel.com
www.polymerchemicals.com

5.2.2.3 Termoplastici

Campo di applicazione

Nuovi polimeri termoplastici possono essere rinforzati, alla stregua delle resine, con fibra di vetro. Questi compositi a base di termoplastici non possono sostituire i prodotti tradizionali in tutti i casi di utilizzo di stampi aperti, ma sono concorrenziali per la produzione di strutture cave con spessore delle pareti uniforme.

I termoplastici rinforzati sono solitamente utilizzati nei sistemi di produzione di manufatti con la tecnologia dello stampaggio rotazionale, che è una delle più usate nel settore dei compositi a basse prestazioni, come ad esempio i serbatoi in vetroresina.

Descrizione del funzionamento

Lo stampaggio rotazionale di compositi termoplastici è un processo che produce un pezzo cavo rigido o semi-rigido caricando uno stampo cavo con un quantitativo misurato di prodotto termoplastico. Tale stampo viene fatto ruotare attorno a due assi perpendicolari. Durante la rotazione viene sottoposto a due cicli: nella prima fase lo stampo viene portato alla temperatura di fusione del termoplastico e mantenuto a tale temperatura per sciogliere completamente il prodotto e rivestire l'interno dello stampo, si passa poi ad una fase di raffreddamento, dopo la quale le due parti dello stampo vengono aperte e il pezzo rimosso. Per pezzi piccoli la durata dei cicli può essere di pochi minuti, ma aumenta notevolmente con la dimensione del componente. Gli stampi utilizzati sono in allumino.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

I prodotti termoplastici offrono cicli di polimerizzazione più veloci, minori emissioni durante il processo, costi inferiori per unità di peso di materia prima, facilità di riciclaggio degli scarti e maggior automazione rispetto ai materiali termoindurenti (le resine).

Le principali limitazioni di impiego di questi prodotti sono legate al costo dei macchinari e della strumentazione necessaria per la lavorazione dei termoplastici, come le apparecchiature per lo stampaggio a iniezione e la soffiatura. Esistono però processi che presentano dei costi abbastanza bassi e possono quindi risultare di interesse per i fabbricanti.

Esempi applicativi

- **Verzellesi S.r.l.**

  Via Zuccardi, 20/22
  42012 Campagnola Emilia (RE) – ITALY
  Tel. (0522) 652850 - Fax (0522) 652818
  www.verzellesi.it
  La società è specializzata nello stampaggio rotazionale di termoplastici.
  Questa tecnologia, permette di realizzare corpi cavi in un unico pezzo, privi di saldature e tensioni interne, caratterizzati da notevole resistenza e spessori omogenei. L'azienda produce pezzi di dimensioni fino a 10 metri cubi. Il ventaglio di applicazioni comprende: serbatoi, tramogge, cisterne, contenitori, complementi d'arredo per esterni, giocattoli, segnaletica stradale, cofanature, corpi cavi in genere.

- **N. Sguassero S.p.A.**

  Via Pasubio, 36
  I - 20037 PADERNO DUGNANO (MI)
  Telefono +39-02-9105510
  Fax +39-02-9183293
  Via E. Fermi, 15
  I - 33058 SAN GIORGIO DI NOGARO (UD)
  Telefono +39-0431-620450
  Fax +39-0431-620570
  www.sguassero.it
  La N. Sguassero, commercializza prodotti in vetroresina e termoplastici rinforzati con vetroresina, rivolgendosi, tra gli altri, anche al settore navale.
  La N. Sguassero dispone di una linea specifica di prodotti che utilizza i termoplastici in commercio rinforzandoli con il termoindurente, in modo da sopperire alle limitate caratteristiche di resistenza meccanica ed alle temperature degli stessi; nasce così un prodotto nel quale il termoplastico assolve il compito di "barriera" interna anticorrosione mentre il termoindurente garantisce la resistenza alla pressione ed alla temperatura. Anche se si tratta di un accoppiamento di sostanze e non di una loro sostituzione, il caso va segnalato dal momento che in questo modo la quantità di termoindurente impiegato diminuisce comunque.

Indicatori di performance ambientale

- durata del ciclo di polimerizzazione
- quantità di rifiuti inviati a smaltimento per quantità di prodotto
- livello di esposizione a COV degli operatori
- concentrazione di COV nelle emissioni convogliate all'esterno

Fornitori

Euroresins Italia s.r.l.
Via Val Formazza 10,
20157 Milano (MI) - Italy
Tel. 02-332 07 11
Fax. 02-355 63 67
www.euroresin.com

Akzo Nobel
Sede Amministrativa e Commerciale:
Akzo Nobel Coatings SpA
via Emilia 2 - 26861 Fombio (LO)
www.akzonobel.it
http://www.interpon.it
www.international-marine.com
www .international-pc.com
www.yachtpaint.com
http://www.resins.akzonobel.com
www.polymerchemicals.com

Chomarat
http://www.chomarat.com
In Italia le sedi di distribuzione di FRP sono:

RESIPOL s.r.l.
Via Terracini 17/19
20089 P. SESTO DI ROZZANO (MI)
Tel. (39) 02 89 20 02 80
Fax : (39) 02 89 20 02 83

CMV SERVICE s.r.l.
Via Labriola, 42
41100 MODENA
Tel. (39) 059 828400
Fax : (39) 059 82 08 50

RESINTEX SRL
Via Delle Grotte no 5
00040 ARICCIA (ROMA)

(39) 06 93 43 540
Fax : (39) 06 93 44 555

RESINTEX SRL
Via 1 Maggio 9
ZI Terrafino
74100 EMPOLI
Tel. (39) 05 71 81 294
Fax : (39) 05 71 83 738

5.2.2.4 Catalizzatori alternativi e resine polimerizzanti con UV

Campo di applicazione

Il perossido di benzoile può sostituire il perossido di metiletilchetone nelle resine a base di poliestere. I ridotti tempi di applicazione, però, suggeriscono l'utilizzo di applicatori pre-miscelati.
Sia le resine in poliestere che in vinilestere possono essere polimerizzate con luce ultravioletta.

Descrizione del funzionamento

Perossido di benzoile – Il perossido di benzoile deve essere miscelato alla resina con le modalità previste per gli altri tipi di catalizzatore. Esso ha effetti positivi nella soppressione delle emissioni di stirene. Parte di questo effetto è riconducibile al ridotto tempo di gelificazione e ad un inferiore picco esotermico nella fase di polimerizzazione.
Resine polimerizzate tramite raggi UV – L'agente che induce la polimerizzazione è la luce ultravioletta; è necessaria, per l'applicazione di questo sistema, la presenza di una sorgente UV e di iniziatori fotosensibili.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Tramite l'utilizzo di resine catalizzate con perossido di benzoile e a basso tenore in stirene (inferiore al 38%) sono state riscontrate le seguenti caratteristiche generali:

- emissioni di stirene ridotte dal 25% al 45%;
- facile integrazione dei sostituti nei processi esistenti;
- necessità di cambiamenti minimi nell'equipaggiamento per l'attività di spruzzo;
- condizioni economiche, a fronte della sostituzione, favorevoli.

Le resine polimerizzate tramite raggi UV non richiedono miscelazioni con catalizzatori / acceleranti (in quanto essi sono già presenti nella resina) e non dipendono dalla temperatura per la fase di reticolazione. L'evaporazione di stirene è ridotta perché il laminato è sigillato dall'esterno. I costi per la pulizia sono inferiori rispetto ai metodi convenzionali dato che sugli strumenti non avviene la polimerizzazione della resina e i residui sono quindi più semplici da rimuovere (la frequenza di pulizia delle apparecchiature può essere notevolmente ridotta grazie al fatto che i residui presenti non induriscono e non rendono quindi inutilizzabili gli strumenti). Gli svantaggi sono legati al fatto che la resina non può essere pigmentata e che la geometria del pezzo deve consentire un'esposizione diretta alla luce ultravioletta. Inoltre occorre proteggere i pezzi dalla luce, anche naturale, durante la lavorazione.

Esempi applicativi

- **Akzo Nobel**

  Sede Amministrativa e Commerciale:
  Akzo Nobel Coatings SpA
  via Emilia 2 - 26861 Fombio (LO)
  www.akzonobel.it
  http://www.resins.akzonobel.com
  www.polymerchemicals.com

L'azienda è leader mondiale nella tecnologia di UV/EB curing.
La produzione tramite polimerizzazione all'ultravioletto o con fascio di elettroni (UV/EB) avviene a Manchester, Inghilterra e New Brunswick, New Jersey (USA).
I benefici specifici della tecnologia UV/EB curing comprendono, tra gli altri:

- assenza di emissioni;
- reticolazione istantanea per le vernici;
- basso consumo di energia.

Indicatori di performance ambientale

- durata del ciclo di polimerizzazione
- livello di esposizione degli operatori
- concentrazione di sirene nelle emissioni convogliate all'esterno
- quantità di catalizzatore utilizzato per quantità di resina polimerizzata

Fornitori

Euroresins Italia s.r.l.
Via Val Formazza 10,
20157 Milano (MI) - Italy
Tel. 02-332 07 11
Fax. 02-355 63 67
www.euroresin.com

Akzo Nobel
Sede Amministrativa e Commerciale:
Akzo Nobel Coatings SpA
via Emilia 2 - 26861 Fombio (LO)
www.akzonobel.it
http://www.resins.akzonobel.com
www.polymerchemicals.com

5.2.2.5 Compositi a base di poliuretani

Campo di applicazione

Compositi a base di poliuretani sono usati nell'industria automobilistica.

Descrizione del funzionamento

I poliuretani possono essere usati, tra le altre possibili applicazioni, nello stampaggio di parti in plastica e sono stati recentemente accoppiati alla vetroresina per ottenere prodotti compositi innovativi. L'eccellente fluidità dei poliuretani prima della reticolazione consente al materiale di fluire nei vari recessi ed attorno ai dettagli dello stampo. Dopo la reticolazione il poliuretano diventa invece più duro e resistente di altri materiali competitivi in queste applicazioni.

La principale proprietà del poliuretano rinforzato risiede nella resistenza/durezza, che deriva dalla lunghezza e dalla flessibilità dei poliuretani. Le resine in poliestere sono generalmente più rigide di quelle poliuretaniche e lo stesso vale per i compositi. I poliuretani hanno solitamente migliori capacità adesive dei poliesteri.

I poliuretani possono essere sia termoplastici sia termoindurenti e possono usufruire di quasi tutti i metodi manifatturieri tradizionali: estrusione, termoformatura, stampaggio a iniezione e per soffiatura (termoplastici), spruzzo, stampaggio per compressione e colata per scorrimento (termoindurenti).

Il processo studiato per trarre vantaggi dalle caratteristiche dei poliuretani è chiamato RIM (Reaction Injection Molding) ed usa due camere di stoccaggio contenenti i reagenti (poliolo e diisocianato). Questi liquidi sono pompati in un miscelatore, dal quale vengono iniettati nello stampo chiuso. Quando vengono mescolati, i due componenti reagiscono molto in fretta, consentendo cicli molto brevi. Così, dopo pochi minuti, il pezzo è solido. La tecnica RIM è stata applicata nell'industria automobilistica.

Costituiscono varianti alla metodologia predetta i processi RRIM (Reinforced Reaction Injection Molding) e SRIM (Structural Reaction Injection Molding). Nel primo sistema (RRIM) insieme ai reagenti vengono miscelate delle fibre di rinforzo; in questo caso la pressione richiesta per inviare il flusso nello stampo è superiore al RIM a causa della maggiore viscosità del liquido indotta dalla presenza delle fibre (in ogni caso resta inferiore alla pressione richiesta nello stampaggio a iniezione di termoplastici). La tecnica SRIM prevede che le fibre vengano posizionate nello stampo prima dell'iniezione dei reagenti, a creare una pre-forma. Le fibre vengono inumidite con le resine e il rinforzo viene incapsulato e mantenuto in forma dalla matrice in poliuretano.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Il processo di stampaggio del poliuretano è simile allo stampaggio ad iniezione di resina poliestere però in questo caso non si generano emissioni di COV perché i poliuretani non contengono sostanze volatili (non vengono utilizzati solventi e lo stampo è chiuso). I vantaggi durante il processo sono cicli di polimerizzazione più brevi, assenza di sostanze volatili.

Il processo SRIM, a causa della scarsa pressione di iniezione richiesta, consente l'utilizzo di una grande varietà di materiali per la costruzione degli stampi (generalmente sono costituiti da alluminio o acciaio leggero). L'unica vera limitazione è rappresentata dal costo, ma sussistono anche altri elementi di attenzione: l'isocianato, uno dei reagenti utilizzati, reagisce con l'acqua e può essere pericoloso; i poliuretani presentano caratteristiche di infiammabilità inesistenti nei poliesteri; in caso di incendio vi è la possibilità di formazione di HCN (gas altamente tossico) e di monossido di carbonio (a causa del basso tenore in ossigeno rispetto alle altre resine plastiche).

Esempi applicativi

Owens Corning

tel. 32-2674-8322, 32-2-674-83-48, 32-2-674-83-80

Fax 800-878473, 800-878473

www.owenscorning.com

Nel processo di stampaggio chiuso RIM (Reaction Injection Molding) componenti reattivi liquidi – generalmente poliuretani termoindurenti – vengono miscelati ad alta pressione e iniettati in stampi di metallo riscaldati. Questa tecnologia include il RRIM (Reinforced Reaction Injection Molding), nella quale un particolare tipo di riempimento, fibra spezzettata o rinforzo a scaglie, viene miscelato alla resina per produrre le parti resistenti, e il SRIM (Structural Reaction Injection Molding), utilizzato per i pezzi ad altissima resistenza. In questo caso i rinforzi vengono caricati su appositi strumenti per l'asciugatura, nei quali il sistema di resine reattive può venire diffuso/distribuito prima che la strumentazione venga chiusa oppure iniettato dopo la chiusura.

Questa tecnologia è associata ai settori automobilistico, beni di consumo ed elettronica.

Indicatori di performance ambientale

- durata del ciclo di polimerizzazione
- livello di esposizione a COV degli operatori
- concentrazione di COV nelle emissioni convogliate all'esterno

Fornitori

Euroresins Italia s.r.l.
Via Val Formazza 10,
20157 Milano (MI) - Italy
Tel. 02-332 07 11
Fax. 02-355 63 67
www.euroresin.com

Prochima
Via Flaminia, 26
61030 Calcinelli (PU) – Italia
Tel. 0721 - 897635
Fax 0721 – 899655
www.prochima.it

I prodotti commercializzati dalla Prochima sono di due tipologie:
sistemi compatti: si tratta di formulati poliuretanici compatti rigidi, ideali per la riproduzione di piccoli e medi oggetti, ottenuti per colata su stampi in gomma siliconica.

Sono prodotti bicomponenti molto fluidi e scorrevoli, che penetrano nello stampo e ne riproducono i dettagli. I componenti si dosano in parti uguali a volume con misurini, senza necessità della bilancia. I pezzi possono essere lavorati, verniciati e incollati.
sistemi espansi: sono formulati bicomponenti liquidi: poliolo e isocianato, esenti da freon. Riunendo i due componenti, la miscela espande e si ottiene il poliuretano espanso rigido, uno schiumato a cellula chiusa, del tipo pellante: nella superficie si forma una pellicola semi-lucida e compatta. Presenta elevata resistenza all'urto e alla compressione, stabilità dimensionale e basso indice di assorbimento d'acqua.
Per aumentare la resa si pre-disperde qualche goccia d'acqua nel componente A prima della miscela con il componente B, si ottiene così uno schiumato molto leggero, però con meno resistenza alla compressione e scarsa stabilità dimensionale.
Stampaggio: per ottenere oggetti modellati occorre uno stampo in gomma siliconica o in resina, supportato da un robusto controstampo a due valve munito di cerniera e ganci di bloccaggio, in modo da resistere alla pressione che si sviluppa nell'espansione. Si cola la quantità di miscela prestabilita, considerando la sua espansione, e si chiude lo stampo serrandolo con le chiusure. La schiuma espande all'interno dello stampo riempiendo tutta la cavità, riproducendone fedelmente la forma. La pressione esercitata permette la fuoriuscita del materiale in eccesso attraverso la giunzione delle valve. I pezzi in espanso ottenuti in pressione risultano molto più compatti rispetto a ciò che si ottiene in schiumata libera. Questi prodotti vengono utilizzati, tra l'altro, nel settore nautico.

5.2.2.6 Sostituti dell'acetone

Campo di applicazione

Le sostanze alternative all'acetone possono essere impiegate per la pulizia della strumentazione utilizzata nell'applicazione della vetroresina. In linea di massima le tecnologie descritte trovano più semplice applicazione nei processi automatizzati.

Descrizione del funzionamento

Per ridurre le emissioni di COV possono essere usati dei sostituti dell'acetone, che sono raggruppabili in due categorie:

- solventi ad elevato punto di infiammabilità (diacetone alcool, estere bibasico, N-metil pirrolidone, carbonato di propilene, terpeni);
- detergenti a base acquosa (detergenti o emulsionanti di resine acquose).

I primi agiscono esattamente come l'acetone nel dissolvere la resina, ma non evaporano così facilmente. Le parti pulite con acetone, generalmente vengono asciugate ad aria, mentre con questo tipo di sostituti la

pellicola liquida che rimane sul pezzo (a causa della minor volatilità) deve essere asportata tramite uno strofinaccio o con qualche altro mezzo. L'efficacia di questi sostituti deve essere verificata per ogni differente situazione.

I detergenti a base acquosa puliscono le apparecchiature dai residui di materiali staccando la resina dalla superficie in modo che i residui possano essere rimossi mediante azione meccanica e quindi depositati sul fondo della vasca in cui si effettua la pulizia. Un flusso d'aria può essere utilizzato per asciugare lo strumento prima del riutilizzo. Per l'impiego di questi detergenti è necessario fornirsi di cisterne di lavaggio (eventualmente riscaldate così da migliorare l'azione detergente dei prodotti) e ricorrere all'uso di spazzole per la rimozione meccanica dei residui intaccati dal prodotto emulsionante. Per agevolare ulteriormente il procedimento di pulizia si possono eliminare le parti più grossolane di resina prima dell'immersione del pezzo nel bagno di lavaggio.

Aspetti ambientali e di sicurezza/salute

Nelle tipiche lavorazioni della vetroresina più del 50% dell'acetone utilizzato per la pulizia delle apparecchiature può essere disperso nell'aria tramite evaporazione; la porzione esausta rimanente può essere rigenerata e riutilizzata (solitamente mediante distillazione), con produzione di fanghi, oppure gestita come rifiuto pericoloso.

I solventi ad elevato punto di infiammabilità sono meno volatili dell'acetone e generano quindi un minor rilascio di COV in ambiente di lavoro ed in atmosfera; questi prodotti possono essere inoltre facilmente rigenerati (ossia purificati) e quindi riciclati.

L'emissione di COV è del tutto assente nel caso di impiego di detergenti a base acquosa; i reflui di lavaggio esausti possono poi essere gestititi sia come scarichi liquidi, previa opportuna rimozione dei residui e depurazione, sia come rifiuti. Altra tipologia di rifiuti prodotti da sistemi di lavaggio acquosi è eventualmente costituita dagli stracci con cui si può effettuare la pulizia preliminare.

Indicatori di performance ambientale

- livello di esposizione a COV degli operatori
- concentrazione di COV nelle emissioni convogliate all'esterno
- quantità di prodotto per pulizia rigenerato e riutilizzato
- quantità di rifiuti pericolosi prodotti per quantità di prodotto di pulizia impiegato

Fornitori

Euroresins Italia s.r.l.

Via Val Formazza 10,
20157 Milano (MI) - Italy
Tel. 02-332 07 11
Fax. 02-355 63 67
www.euroresin.com

Akzo Nobel

Sede Amministrativa e Commerciale:
Akzo Nobel Coatings SpA
via Emilia 2 - 26861 Fombio (LO)
www.akzonobel.it
http://www.interpon.it
http://www.resins.akzonobel.com
www.polymerchemicals.com

6 ASPETTI AMBIENTALI E TECNOLOGIE PIÙ PULITE PER IL SETTORE CALZATURIERO

6.1 GLI ASPETTI AMBIENTALI DELL'INDUSTRIA CALZATURIERA

Il processo di produzione delle calzature si realizza attraverso una sequenza di diverse fasi operative, a partire dalla progettazione e dalla produzione della sagoma del piede su cui modellare la scarpa, passando per le operazioni di assemblaggio delle varie parti e terminando con le lavorazioni di finitura (tintura e lucidatura).
Le principali lavorazioni che interessano la costruzione di una scarpa, a partire dalla materia prima già lavorata (ossia pelli conciate idonee ai vari utilizzi e parti in plastica stampata) riguardano operazioni di taglio, cucito, incollaggio e rifinitura. A monte del processo di fabbricazione delle calzature possono essere effettuati vari trattamenti sulle materie prime, pellami conciati o materiali sintetici "similpelle", finalizzati a modificarne l'aspetto esteriore: si tratta di operazioni di stampaggio a caldo attraverso i quali si imprimono al materiale i rilievi desiderati (es. effetto coccodrillo), colorazione mediante varie tecniche di applicazione (a spruzzo, a tampone o attraverso processi di stampa serigrafica) e lucidatura. Trattamenti di finissaggio possono essere effettuati anche sui componenti finiti (tomaie, suole e tacchi) oltre che sulle materie prime.
Le fasi del processo per la creazione di una scarpa in pelle e suola in cuoio prevedono in genere:

- la sagomatura delle forme (formatura);
- il taglio dei materiali costituenti la parte superiore e la fodera della scarpa;
- la rifinitura dei bordi;
- l'assemblaggio delle varie parti;
- la creazione del puntale e del tallone;
- il posizionamento della tomaia;
- il montaggio di suola e tacco;
- le rifinitura interne;
- la livellatura del tacco;
- la lucidatura della suola;
- l'aggiunta della soletta;
- la lucidatura della scarpa.

Nel caso della produzione di alcune scarpe con suole in gomma si effettuano anche le lavorazioni di vulcanizzazione e di stampaggio sia della massa colorata in apposito stampo (con pressatura e/o riscaldamento per ottenere la reticolazione) sia mediante tecniche di iniezione, tramite cui si realizza

contemporaneamente la formazione della suola a partire dalla materia prima (solida nel caso della vulcanizzazione o liquida qualora si proceda allo stampaggio per iniezione) e l'accoppiaggio con la tomaia.

Per quanto concerne la fase di incollaggio nei processi tradizionali l'applicazione dei prodotti collanti viene generalmente fatta precedere da operazioni di specifico trattamento delle superfici. La finalità è quella di preparare le superfici agli adesivi ed ottimizzarne le prestazioni in funzione dei materiali da legare. Tra le operazioni più frequenti rientrano: l'irruvidimento, la cardatura, l'asciugatura, la pulizia e l'alogenazione/clorurazione (trattamento con solvente alogenato/clorurato).
Per migliorare la presa tra le due parti da incollare, nonché per rimuovere alcune parti in eccesso (es. pezzi di filo, fiore della pelle dai bordi, ecc.) e per rendere più rugosa, e quindi più ricettiva all'adesivo, la pelle i pezzi sono sottoposti a cardatura, operazione consistente in un trattamento meccanico di abrasione della superficie trattata. Per alcuni particolari materiali è necessario effettuare una fase di pulizia preliminare all'incollaggio in modo da assicurare la buona tenuta delle parti assemblate: in particolare si procede all'eventuale pulizia dei fondi in TR o in poliuretano che presentano contaminazioni del distaccante (a base di silicone) utilizzato durante il loro stampaggio.
Le fasi dell'incollatura prevedono anche l'utilizzo di prodotti aggiuntivi con specifiche funzioni, quali primer (adesivi che vengono utilizzati come prima mano per incrementare l'adesività delle superfici), prodotti utilizzati per le operazioni di alogenazione/clorurazione e induritori (additivi reticolanti che miscelati nelle proporzioni volute ai prodotti adesivi ne facilitano l'indurimento e ne anticipano l'essiccazione e l'asciugatura).

E' piuttosto infrequente che l'intero ciclo di produzione, descritto nelle vasi di processo precedentemente elencate, sia svolto da una sola azienda dato che ad oggi solitamente si hanno imprese che operano soltanto le fasi finali di assemblaggio dei componenti della scarpa e si appoggiano quindi a fornitori che operano le diverse specifiche fasi di produzione necessarie alla creazione dei vari componenti (trattamento superficiale delle materie prime, trancifici, tomaifici, suolifici, solettifici, ecc.).

L'industria calzaturiera è caratterizzata da alcuni aspetti ambientali non trascurabili, quali la produzione di rifiuti (principalmente scarti, sfridi e cascami di lavorazione) e il rilascio di emissioni inquinanti e pericolose per la salute dei lavoratori sia nell'ambiente di lavoro che nell'atmosfera esterna (composti organici volatili).

Più in particolare:

- le operazioni di trattamento superficiale dei componenti (tagli di pelle e similpelle, tomaie, suole e tacchi) fanno uso di prodotti di vario tipo, come inchiostri, vernici, diluenti e cere lucidanti, con un contenuto variabile di composti organici volatili che evaporano durante l'uso;
- la sagomatura e la produzione delle forme generano sfridi e scarti di lavorazione, per lo più di legno e plastica;
- la tranciatura genera la produzione di cascami composti da ritagli di pelle, plastiche e tessuti naturali e sintetici;
- le fasi di aggiunteria e montaggio delle suole prevedono operazioni di incollaggio generalmente condotte con l'utilizzo di prodotti adesivi (lattici sintetici e naturali) a base solvente, cui si aggiungono anche i prodotti (solventi puri) impiegati per le fasi di pulizia, preliminare al montaggio, di alcuni pezzi e/o i promotori di adesione (*primers*). Le particolari caratteristiche dei prodotti implicano l'emissione di composti organici volatili, in quantità anche consistenti, e l'accumulo di fusti e contenitori contaminati da colle e solventi. Queste problematiche si possono ripresentare nelle fasi di finitura e pulizia dei prodotti finiti in cui l'utilizzo di solventi organici risulta comune;
- le fasi di vulcanizzazione e stampaggio ad iniezione, generalmente presenti nei reparti dove si ha la produzione di suole e solette o nelle imprese specializzate (suolifici e solettifici) e nella produzione delle forme, possono produrre emissioni di fumi nocivi;
- la lucidatura finale della scarpa avviene mediante l'impiego di prodotti che contengono composti volatili (come distillati del petrolio) i cui vapori si disperdono nell'ambiente di lavoro e quindi all'esterno.

L'utilizzo degli imballaggi (pallet e cartone) completa l'aspetto della produzione di una variegata quantità di rifiuti che, in funzione della loro natura e composizione, devono essere opportunamente trattati.

Le fasi di produzione possono infine richiedere una quantità non trascurabile di energia, sotto forma di calore ed elettricità, per il funzionamento delle macchine operatrici e degli eventuali sistemi di aspirazione e abbattimento.

Oltre a tali interazioni ambientali "dirette", possono essere associati al settore calzaturiero anche tutti gli impatti derivanti dalla fabbricazione delle materie prime utilizzate per il confezionamento delle scarpe.

In effetti l'industria calzaturiera si pone a valle di una serie di processi industriali che rendono disponibili i materiali che concorrono alla fabbricazione del prodotto finale. Materiali come le pelli, il cuoio, il legno, le plastiche, le gomme, le resine, i metalli ecc. sono le materie prime presenti nel processo calzaturiero e derivanti da processi dell'industria conciaria, della lavorazione del legno, dell'industria chimica e metallurgica.

In maniera indiretta quindi l'industria della calzatura richiama una domanda di risorse e materiali la cui produzione ha interazioni non indifferenti con il contesto ambientale.

Industria conciaria

Relativamente agli impatti ambientali derivanti dalle lavorazioni delle pelli, consistenti non solo nel processo di concia vero e proprio ma anche in tutte le fasi preparatorie operate sulla pelle fresca e negli stadi a valle del processo dedicati a fornire le caratteristiche desiderate al prodotto finito, risultano piuttosto significativi:

- i consumi di acqua richiesti in particolari dalle prime fasi di lavorazione necessarie alla preparazione della pelle per la concia (rinverdimento, calcinazione, decalcinazione, macerazione), quindi per la concia vera e propria ed anche per tutte le fasi di lavaggio della pelle;
- gli scarichi liquidi derivanti da processi di concia con sali di cromo e gli scarichi liquidi prodotti da tutte le altre lavorazioni ad umido (caratterizzati principalmente da tenori non trascurabili di COD);
- i consumi di composti chimici (sostanze acide o alcaline, tensioattivi, additivi, sostanze concianti, solventi, coloranti, ingrassanti) impiegati per eliminare dalle pelli i residui e le parti non necessarie (peli e tessuto adiposo), per rendere imputrescibile la pelle e darle le caratteristiche volute in termini di morbidezza, colore, resistenza (idrorepellenza, oleorepellenza);
- i rifiuti derivanti principalmente dalla rimozione delle parti di scarto delle materie prime lavorate;
- il rilascio di emissioni in atmosfera quali le polveri derivanti da operazioni a secco (come la smerigliatura con cui si rende uniforme lo strato della pelle o la rifinizione durante la quale si impiegano pigmenti in polvere con cui formulare le soluzioni acquose), i composti organici volatili generati dall'impiego di agenti fissanti e altre sostanze a base di solventi usate nella rifinitura, l'acido solfidrico che può liberarsi durante le fasi di decalcinazione ed il piclaggio nei momenti in cui si ha contatto tra soluzioni acide ed alcaline.

Industria chimica

Per la produzione dei componenti in plastica e gomma impiegati nelle calzature (suole, rivestimenti interni, tessuti sintetici per la tomaia, copri-tacco, ecc.) sono seguiti, in estrema sintesi, i seguenti passaggi:

a) per gli oggetti in materiale plastico: miscelazione dei componenti (monomeri costitutivi, catalizzatori, additivi, ecc.), polimerizzazione, estrusione (in pellets o fibre), formatura del manufatto (per stampaggio o estrusione), assemblaggio di componenti diversi;

b) per le parti in gomma: miscelazione degli ingredienti (polimeri, additivi, nerofumo, olio, ecc.), laminazione in strisce o fogli, estrusione, calandratura, assemblaggio delle componenti estruse e calandrate con materiali di rinforzo al fine di produrre il manufatto in gomma, vulcanizzazione del manufatto.

I principali aspetti ambientali derivanti dalle lavorazioni sopra elencate interessano l'utilizzo di sostanze pericolose, il rilascio di emissioni in atmosfera (di polveri e COV), la produzione di rifiuti (tra cui i più importanti sono i materiali di scarto) e di acque di scarico (eventualmente trattate come rifiuti liquidi) prodotte da operazioni di raffreddamento e lavaggio.

Industria metallurgica

Le calzature possono contenere parti metalliche quali occhielli per asole, fibbie, cerniere, rinforzi (puntali), elementi decorativi, ecc.

Questi componenti sono prodotti mediante formatura del metallo costituente (realizzata tramite fusione e stampaggio del componente ed eventuale rifinitura) e trattamenti superficiali dedicati a conferire ai pezzi le adeguate proprietà fisiche ed estetiche. In particolare possono essere effettuati trattamenti galvanici o di verniciatura.

Le lavorazioni effettuate per la produzione dei componenti metallici destinati alle calzature generano, come aspetti ambientali significativi, emissioni atmosferiche (fumi di fusione, vapori dalle vasche di trattamento galvanico, composti organici volatili da attività di verniciatura con prodotti a solvente), rifiuti (scarti e sfridi metallici, bagni galvanici esausti e/o fanghi da depurazione delle acque tecniche), sostanze pericolose (acidi, solventi). Nel capitolo dedicato al settore metalmeccanico (**cap.4**) sono state trattate in modo più dettagliato le informazioni relative agli aspetti ambientali caratterizzanti le principali lavorazioni effettuate, tra cui quelle elencate per la produzione dei componenti metallici per le calzature.

Industria del legno

Il legno è un'altro dei materiali che possono essere utilizzati nel montaggio di una calzatura (generalmente viene impiegato per la costruzione dei tacchi e degli zoccoli) e anche le lavorazioni eseguite per ottenere le parti in legno comportano impatti ambientali.

Una volta a disposizione di assi di legno, ottenute dalle aziende che si occupano della prima trasformazione degli alberi (eliminazione delle parti non utili, trattamenti per la conservazione e taglio), per la produzione di pezzi con desiderate forme e caratteristiche estetico-funzionali si procede sottoponendo il legno

principalmente ad operazioni di impregnatura, taglio, verniciatura. Gli aspetti ambientali più significativi connessi con tali lavorazioni riguardano la produzione di rifiuti (scarti in legno da operazioni di taglio, morchie di verniciatura e residui di vernici secche) e il rilascio di emissioni in atmosferiche (polveri di legno, composti organici volatili da impiego di prodotti a base solvente). Per un maggiore approfondimento in merito agli aspetti ambientali collegati alle lavorazioni del legno si veda il capitolo specifico della presente rassegna (**cap.3**).

6.2 PRESENTAZIONE DELLA TECNOLOGIE PIÙ PULITE PER L'INDUSTRIA CALZATURIERA

Le soluzioni tecniche disponibili per le aziende del comparto calzaturiero al fine di ridurre le emissioni in atmosfera di COV generate dalle loro lavorazioni si concentrano sostanzialmente in due alternative:

a Adozione di impianti di abbattimento a valle

L'adozione di impianti di abbattimento delle emissioni in atmosfera, specificatamente COV, è funzionale alla riduzione delle concentrazioni degli inquinanti presenti nei flussi gassosi rilasciati all'esterno entro i limiti stabiliti. Tale soluzione se da un lato garantisce il contenimento degli inquinanti emessi dall'altro comporta costi non trascurabili per l'installazione degli impianti e la loro gestione.

b Sostituzione dei prodotti in uso (da sostanze a base solvente a prodotti a basso o nullo contenuto di solvente)

L'utilizzo di prodotti "più puliti" dal punto di vista della generazione di emissioni atmosferiche, quali i prodotti a base acquosa (coloranti, inchiostri, prodotti di finissaggio, collanti e primer), gli adesivi a caldo o quelli polimerizzanti mediante radiazioni, elimina tutta una serie di costi riguardanti la tutela ambientale e la sicurezza e l'igiene dei luoghi di lavoro.

Per quanto riguarda la possibilità di estendere l'approccio preventivo alle fasi di pulizia / trattamento preliminare di alcuni fondi si potrebbe verificare la possibilità di adottare soluzioni alternative attualmente messe a punto per altri settori produttivi (si faccia riferimento alle tecnologie più pulite presentate per le attività di sgrassaggio all'interno del **cap.4**). Per quanto riguarda la pulizia delle tomaie sono invece già stati messi a punto specifici detergenti a base acquosa applicabili a spugna prima di effettuare le operazioni di finissaggio.

Nei paragrafi successivi sono pertanto approfondite le tecnologie più pulite che interessano la lavorazione più significativa, in termini di emissioni di COV, all'interno del processo di costruzione delle calzature, ovverosia l'assemblaggio delle varie parti con prodotti adesivi. Sono poi analizzati i prodotti a basso o nullo tenore di

solventi utilizzabili per le operazioni di colorazione, stampa e finissaggio dei componenti delle calzature (tomaia, suola, tacco), fasi che possono non essere realizzate dall'azienda che effettua il confezionamento finale della scarpa ma che possono essere presenti presso le aziende che producono gli specifici componenti.

6.2.1 Prodotti adesivi a base acquosa

Nei prodotti adesivi a base acquosa la funzione di fluidificante è assolta dall'acqua in cui le particelle di adesivo sono sospese; la diminuita viscosità dell'adesivo ottenuta dall'acqua ne rende possibile l'applicazione in vari substrati e con diversi spessori.

Gli adesivi all'acqua sono formulati con composti a base di gomma e diversi additivi, quali resine sintetiche o derivati di prodotti naturali (es. linfa di pino), che incrementano le caratteristiche si forza del prodotto.

Campo di applicazione

Lo sviluppo e la ricerca hanno progredito a tal punto che un gran numero di differenti materiali oggi utilizzato nell'industria calzaturiera può essere incollato con estrema efficacia. In molti casi i valori di resistenza allo scollaggio raggiunti con questi prodotti superano i valori propri degli adesivi a base solvente.

Ciononostante è assolutamente necessario testare la compatibilità e l'efficacia dei prodotti alle specifiche produttive, prima di attivare i processi a regime. In alcuni casi può anche essere necessario ricorrere a primer[12] per il pretrattamento dei materiali.

Gli adesivi all'acqua ad oggi possono essere impiegati praticamente per tutte le operazioni di incollaggio che caratterizzano il processo di costruzione di una scarpa, ovvero per le fasi di giunteria (ripiegatura, foderatura, incollaggio del contrafforte, incollaggio della suola interna), per l'incollaggio della suola, per il rivestimento di tacchi e zeppe e per il posizionamento del puntale; le operazioni di manovia sono quelle però dove ancora è meno frequente l'impiego di tali prodotti, più per una diffidenza delle imprese a lasciare la tecnologia nota che per un basso profilo di prestazioni degli adesivi acquosi, in grado di offrire forze di coesione pari a quelle dei prodotti tradizionali.

Ormai i prodotti all'acqua, soprattutto i nuovi poliuretanici, garantiscono delle tenute e delle prestazioni al livello di quelli a solvente, se non superiori. Ciò vale per la maggior parte dei supporti (cuoio, pelle, TR, ecc.) e solo in alcuni particolari casi si possono avere dei problemi (pelli molto oleose, ecc).

[12] I primer possono essere o prodotti contenenti sali che reagiscono con la superficie del materiale trattato e lo attivano nei confronti del collante che si va ad applicare (prodotti alogenanti / cloruranti) o adesivi veri e propri impiegati per una prima mano di incollaggio;

Il tipo di adesivo da impiegare non dipende soltanto dallo specifico supporto su cui va ad agire ma anche dai tempi e dalle tecniche di applicazione.
In molti casi i prodotti all'acqua possono essere addirittura convenienti nella soluzione di alcuni problemi: sono ad esempio in molti casi adatti a fungere da primer a successive applicazioni di prodotti (come avviene ad esempio in grosse aziende nelle Marche).

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

I prodotti adesivi a base acquosa sono sensibili alle superfici non pulite, ovverosia per garantire un buon risultato è necessario effettuare trattamenti preliminari di pulizia delle superfici che devono essere incollate prima di procedere all'applicazione dell'adesivo.
Gli adesivi acquosi possono dare luogo a deposizioni del prodotto sul fondo dei contenitori di stoccaggio e pertanto è necessario mantenere in agitazione l'emulsione al momento dell'uso; per evitare la formazione di schiuma l'agitazione non deve però essere troppo violenta. Durante le operazioni di miscelazione possono verificarsi contaminazioni del prodotto per cui si consiglia di ricorrere a sistemi di filtrazione per la rimozione delle impurità che potrebbero inficiare le prestazioni di incollaggio.
L'applicazione può avvenire, a seconda del tipo specifico di prodotto all'acqua, mediante sistemi a spruzzo, a rullo, a pennello o a spatola. Generalmente, comunque, gli adesivi di questo tipo possono essere applicati sfruttando i tradizionali dispositivi in uso con i prodotti a solvente (ovvero senza dover procedere ad una variazione di attrezzatura). Nel caso di applicazione che richieda una circolazione dell'adesivo all'interno di dispositivi o tubazioni, occorre prestare attenzione alla presenza di materiali che possono venire danneggiati per corrosione dall'acqua e procedere quindi alla sostituzione con tubi in PVC o acciaio inossidabile.
L'apposizione del prodotto deve essere fatta in maniera molto uniforme: a tal proposito l'utilizzo del pennello può creare dei problemi in relazione al rischio di formazione di grumi che tendono a evaporare con eccessiva lentezza e in conseguenza della maggiore viscosità del prodotto all'acqua (legata alla maggior percentuale di residuo secco) che rende più difficile l'applicazione a pennello. D'altro canto però per quanto riguarda l'applicazione delle colle nella fase di suolatura, l'uso di sistemi a spruzzo non garantisce del tutto l'estrema precisione richiesta.
L'evaporazione dell'acqua, successiva alla distribuzione dell'adesivo sul substrato da incollare, può essere agevolata mediante riscaldamento ma può avvenire anche a temperatura ambiente. In relazione alla inferiore

per quanto riguarda questi ultimi il mercato offre anche per i primer formulazioni a base acquosa caratterizzati dalle stesse proprietà dei primer a solvente.

volatilità dell'acqua rispetto ai solventi di tipo organico, i prodotti a base acquosa necessitano di tempi di asciugatura e cura superiori ai prodotti tradizionali; il ricorso al riscaldamento (fornito anche mediante irraggiamento IR generato da apposite lampade) e/o a ventilazione forzata velocizza tale fase fino ad una durata di pochi minuti. Il riscaldamento è comunque richiesto in caso di impiego di prodotti a base poliuretanica (sia in dispersione acquosa che in solvente) i quali hanno bisogno di essere riattivati attraverso un innalzamento della temperatura a 50-80°C.

Il ricorso ad idonei induritori consente anch'esso di accelerare il processo; in funzione del tipo di tensione a cui le scarpe devono essere incollate la percentuale di induritore varia dal 2,5% al 5%. I prodotti a base acquosa miscelati con l'induritore devono essere utilizzati entro un tempo pari a 4 ore.

Gli adesivi a base acquosa sono sensibili al gelo e di conseguenza devono essere stoccati a temperature sopra i 10°C; le temperature sotto i 5°C circa distruggono permanentemente il prodotto.

Il lavaggio delle attrezzature impiegate per l'applicazione dei collanti all'acqua è del tutto agevole, se effettuato prima che il prodotto indurisca, ed è sufficiente l'utilizzo di acqua tal quale.

Aspetti ambientali e di sicurezza / salute

Il mercato offre adesivi idrosolubili completamente privi di solvente con un conseguente importante risultato in termini di riduzione delle emissioni di COV rilasciate in atmosfera dal processo calzaturiero e di contenimento delle concentrazioni di solventi all'interno dei reparti (problematiche residuali legate all'utilizzo di altri prodotti, comunque meno importanti per l'intero processo, che possono contenere sostanze volatili).

La maggior vita dei prodotti a base acquosa, in fase di applicazione, comporta una diminuzione della produzione di rifiuti derivanti da degradazione dei prodotti.

La pulizia delle apparecchiature e dell'attrezzatura utilizzata per l'applicazione degli adesivi ad acqua risulta più difficile, soprattutto quando il prodotto è già asciutto, rispetto ai tradizionali prodotti a solvente. Tale operazione comporta la produzione di acque reflue il cui destino può essere quello dello scarico, previa depurazione del contenuto inquinante, dello smaltimento come rifiuto (assieme ai fanghi che si generano dalla depurazione delle acque) o del riutilizzo in un circuito chiuso di lavaggio (dopo separazione dei residui contenuti ed abbattimento della carica microbica, ad esempio mediante raggi UV o trattamento con ozono).

L'eventuale ricorso a sistemi di riscaldamento determina un consumo di energia; va tenuto però presente che la bassa o nulle presenza di COV non rende necessari tutti i consumi energetici associati ai sistemi di aspirazione ed eventuale abbattimento presenti in caso di impiego di prodotti a solvente.

Per quanto riguarda i benefici ottenibili in termini di sicurezza dell'ambiente di lavoro si sottolinea che questi prodotti non sono infiammabili e non generano rischio di esplosione.

Esempi applicativi

NIKE

Fonte: FDRA © (http://www.fdra.org)
© 1997, Footwear distributors and retailers of America

Nel corso di un evento dedicato al settore delle calzature la Nike ha riportato di aver sostituito circa il 95% delle sue linee di incollaggio con adesivi a base acquosa.

Tali progressi nei settori della tutela dell'ambiente e dei lavoratori si associano a quelli raggiunti da altre società come la Reebok e l'Adidas con il passaggio a adesivi privi di toluene, e di altre società attive nella sperimentazione di prodotti all'acqua.

Performance

Nike ha avviato la sperimentazione con l'assunto che non si sarebbe accettato nessun sostituto agli adesivi a solvente che non garantisse una adesione "uguale o superiore". La sperimentazione ha dato ottimi risultati visto che ad oggi pressoché tutti gli assemblaggi delle suole e della parte superiore sono fatte con adesivi a base acquosa. L'esperienza della Nike dimostra quindi che gli adesivi a base acquosa funzionano, almeno per ciò che riguarda la tipologia di prodotti da loro trattati.

In particolare, relativamente alle fasi di *giunteria* i risultati sono molto soddisfacenti in tutte gli incollaggi riguardanti la tomaia.

Sono stati riscontrati risultati accettabili anche per ciò che riguarda l'*incollaggio suola-tomaia*. La qualità dell'adesione dipende dalla tipologia di materiali che costituiscono i supporti. Alcune tipologie di gomme (TR) possono non lavorare bene con i prodotti all'acqua, altre invece, sempre in TR, si presentano particolarmente indicate. Le tomaie oleose presentano una certa difficoltà ad essere assemblate con alcune tipologie di suole.

Requisiti di utilizzo e applicazione

L'applicazione dei prodotti all'acqua richiede una maggiore cura ed attenzione: è necessaria una opportuna formazione dei lavoratori.

I tempi di presa e asciugatura dei prodotti all'acqua sono maggiori di quelli a solvente: si sono resi necessari dei forni di asciugatura.
I pennelli originali sono stati sostituiti con altri più teneri.

Costi unitari e quantità

Gli adesivi a base acquosa costano al kg circa due/tre volte di più dei corrispondenti a solvente. Tuttavia quelli a base acquosa contengono il 50% o più di componente solida, mentre gli altri raggiungono a stento il 15%. Di conseguenza l'applicazione degli idrosolubili implica una drastica riduzione della quantità di prodotto necessario per l'adesione. E' infatti necessario solo un terzo, in volume, di adesivo ad acqua. Ciò implica sostanzialmente una parità di costi nell'utilizzo dei due tipi di prodotto e un risparmio per quelli ad acqua in tutti quei casi in cui si ottimizza l'efficienza di applicazione.
Infine la maggior parte degli adesivi a solvente devono essere applicati con doppia mandata sui due lembi de incollare. Nel caso di quelli ad acqua, dato il loro maggiore contenuto di prodotto collante, è sufficiente una sola passata su entrambi i lembi per ottenere la massima efficacia e ciò contribuisce ad una riduzione ulteriore del consumo e, conseguentemente, dei costi.

KINNEY SHOE CORPORATION, Mfg. Division – Carlisle, Pa.

Fonte: EPA (http://es.epa.gov/)

L'azienda, presentata dall'agenzia americana per la protezione ambientale come caso di successo nel campo della prevenzione dell'inquinamento, si occupa della fabbricazione di calzature in pelle da donna. Per far fronte ai problemi connessi con l'uso di adesivi a base solvente (prodotti che contenevano l'80% di COV, inclusi acetone, metiletilchetone e toluene) l'azienda ha riconvertito il proprio ciclo produttivo all'uso di adesivi all'acqua. Il prodotto adottato è una emulsione di particelle di gomma che contiene un 6% di composti organici volatili necessari a mantenere in emulsione l'adesivo.

Risultati ottenuti

Dopo il periodo di sperimentazione che ha portato all'identificazione del prodotto all'acqua più idoneo all'incollaggio effettuato dall'azienda, si è passati alla sostituzione dei prodotti a solvente per l'80-90% della produzione ottenendo il risultato di una riduzione pari al 66% delle emissioni di COV. La pulizia

delle apparecchiature con cui si effettua l'applicazione degli adesivi all'acqua avviene in modo meccanico (tramite un raschietto per gomma), determinando così anche in questa fase una riduzione dell'uso di solventi (normalmente impiegati per la rimozione dei residui di adesivo nelle linee con prodotti a solvente).

Costi e risparmi

La sperimentazione, condotta nel periodo 1991-93, necessaria per identificare il prodotto all'acqua più idoneo alle lavorazioni svolte e la successiva riconversione del processo ha comportato una spesa pari a $ 5.000, ripagata nel giro di sei mesi grazie ai risparmi di $10.000 realizzati ogni anno. Oltre a ciò il cambiamento ha generato altri benefici quali la riduzione nella produzione di rifiuti pericolosi, la diminuzione delle necessità di movimentare sostanze pericolose nell'impianto, la riduzione del rischio di incendio e il miglioramento delle condizioni di lavoro degli operatori.

3A Antonimi, Pakerson, Rossetti di Parapiago, Centro Veneto Calzaturiero
Fonte: Articolo "La scarpa sposa gli adesivi verdi"
TECNICA CALZATURIERA (Rivista di settore - Settembre 1996)

L'articolo presenta quattro casi studio relativi alla sostituzione degli adesivi a solvente con prodotti all'acqua.

L'interesse per gli adesivi a base acquosa è nato in relazione all'alto residuo secco e alla possibilità di una maggiore sicurezza sul lavoro. Per contro tali prodotti determinano alcune problematiche da affrontare quali i tempi di asciugatura prolungati (alcune ore a fronte dei 20 min per adesivo a solvente). Le soluzioni possibili identificate consistono nell'allungamento delle catene e/o nell'inserimento di "perditempo" e nell'adozione di forni essiccatori – riattivatori.

Risultano pertanto privilegiate le aziende produttrici di calzature di qualità nelle quali i tempi di lavorazione sono considerevolmente più lunghi e le scarpe montate rimangono nelle forme alcuni giorni.

3A Antonimi

Risultati ottenuti

A livello di prestazioni si sono ottenuti ottimi risultati nell'incollaggio cuoio-pelle.

L'adozione dei prodotti all'acqua non ha comportato per l'azienda alcuna riorganizzazione del ciclo produttivo di rilievo, ma ha fornito anzi la possibilità di non installare cappe di aspirazione dei vapori di solventi determinando così una reazione positiva nei contoterzisti, per la riduzione degli investimenti in salute e sicurezza.

Costi e quantità

1 Kg di collante ad acqua costa di più di 1 kg di collante a solvente, ma la resa è nettamente superiore e quindi, in definitiva, il confronto risulta a vantaggio del collante ad acqua. Inoltre lo spreco è inferiore: se un contenitore rimane aperto il prodotto non secca rapidamente e non deve pertanto essere buttato (con conseguente spreco in termini di materiali e costi relativi allo smaltimento dello scarto prodotto).

Pakerson

Risultati ottenuti

Si sono riscontrati risultati positivi: i prodotti all'acqua sono sicuramente adatti nel caso dell'applicazione della fodera alla tomaia e non si ritengono di ostacolo alla loro adozione le parziali modifiche del processo produttivo necessarie e l'acquisizione di macchine a spruzzo e di forni essiccatori/ riattivatori.

La sperimentazione ha dato risultati ottimi nel caso della scarpa da donna, su cuoio fino a 2-2,5 mm.

Limiti riscontrati

I prodotti all'acqua non sono perfettamente pronti per essere impiegati nell'incollaggio di suole pesanti per scarpe da uomo.

Rossetti di Parapiago

Risultati ottenuti

Nell'abbinamento pelle-cuoio i collanti ad acqua si sono dimostrati validissimi e le loro prestazioni non hanno lasciato intravedere alcuna differenza rispetto a quelle offerte dai collanti neoprenici.

Problematiche

Sono stati incontrati problemi all'inizio dell'utilizzo dei prodotti all'acqua a causa dei tempi di asciugatura più lenti rispetto a quelli richiesti dal collante a solvente, che evapora molto prima; per questo è stato necessario introdurre un essiccatore che ridimensiona i tempi di produzione. Per queste apparecchiature è possibile riattivare la colla anche alcune ore dopo la sua applicazione.

Costi

I costi sono all'incirca equivalenti, anzi la resa degli adesivi in dispersione acquosa è superiore. I costi dell'adeguamento degli impianti verranno ammortizzati nel tempo.

Centro Veneto Calzaturiero

Caratteristiche del prodotto sperimentato

La quantità di adesivo presente nel prodotto ad acqua è nettamente superiore a quella contenuta nel prodotto a solvente e corrisponde al 50% circa di parte secca nel primo caso contro il 15-20 % di parte secca nel secondo.

Risultati ottenuti

Il prodotto all'acqua offre oggi una resa migliore perché sono state messe a punto macchine a spruzzo che consentono di distribuire una quantità minima, ma uniforme, di materiale e di economizzare notevolmente rispetto al precedente sistema manuale.

Efficacia

Tutti i materiali possono essere incollati utilizzando questi prodotti. L'unico problema oggi è di natura culturale in quanto all'operatore, abituato ad utilizzare un prodotto diverso, deve essere data la necessaria formazione.

MARCO BOTTI S.r.l.

Fonte: ricerca svolta da ERVET nell'ambito del progetto regionale "Promozione dello sviluppo sostenibile in Emilia Romagna – Interventi integrati per la diffusione dell'EMAS e delle Cleaner Production e per l'informazione e l'educazione ambientale"

Dati aziendali

Sede della ditta Marco Botti S.r.l.: Via Cattaneo, 2 - Bagnacavallo (RA)

Tel. 0545 60769

Tipologia di prodotto realizzato: Scarpa da donna, di media qualità, classica/sportiva.

Materiali utilizzati: pelle, cuoio, termoplastico (TR; PU; PVC), gomma.

Operazioni svolte: montaggio e incollatura delle suole (sito di Bagnacavallo); aggiunterie sulla tomaia (siti in Tunisia).

Innovazione tecnologica adottata

Gli stabilimenti di Bagnacavallo hanno sostituito gli adesivi a base solvente con adesivi a base acquosa nelle operazioni di montaggio/incollatura delle suole. La sostituzione ha interessato l'85% delle operazioni svolte. I prodotti a solvente vengono utilizzati in maniera assolutamente saltuaria (pochi giorni l'anno) in particolari casi: ad esempio nel caso di sandali in cui si è presentata la necessità di utilizzare molta colla, per la particolare natura dei materiali da incollare.

Gli stabilimenti in Tunisia, nonostante non vi siano particolari problemi riguardanti gli adempimenti ambientali e di sicurezza sul lavoro, sono stati anch'essi interessati dall'introduzione di adesivi all'acqua nelle operazioni di aggiunteria soprattutto relative all'assemblaggio fodera-tomaia.

Motivi dell'innovazione

L'azienda si trova in un centro abitato ed ha dovuto trovare le soluzioni adeguate a permette il rispetto delle prescrizioni fissate dall'autorità. Nella valutazione su come procedere si è preferito questo tipo di investimento ai costosi sistemi di abbattimento.

E' stato importante anche il risvolto relativo al miglioramento delle condizioni di sicurezza e di igiene del luogo lavoro.

Gli adesivi all'acqua, infine, vengono percepiti come i prodotti del prossimo futuro ed inoltre hanno portato ad un miglioramento della qualità del prodotto e a possibili riduzioni dei costi di produzione.

Aspetti tecnici dell'innovazione

- *Fasi di incollaggio suola/tomaia*

Materiali: sono stati introdotti adesivi ad acqua (a matrice poliuretanica), che vengono impiegati con opportuni induritori.

Sistemi di applicazione: si utilizza il pennello, senza particolari problemi. Erano stati acquistati dei sistemi a spruzzo che sono stati successivamente dismessi per problemi di intasamento ed eccessiva manutenzione.

Macchine accessorie: per accelerare l'asciugatura sono stati installati dei forni di essiccazione/riattivazione.

- *Fasi di aggiunteria*

Materiali: sono stati introdotti adesivi ad acqua (a matrice policloroprenica), che vengono impiegati con opportuni induritori.

Sistemi di applicazione: a spruzzo.

Macchine accessorie: nessuna.

Prestazioni

Resistenze meccaniche: non vi sono particolari problemi. In molti casi i risultati sono anche migliori dei prodotti tradizionali. Nelle situazioni più difficili può rendersi necessaria l'applicazione preliminare di un primer a solvente, in quantità comunque modeste. Nel caso dell'aggiunteria tali eventuali problemi sono assolutamente inesistenti.

Durabilità (resistenze a idrolisi e condizioni termoigrometriche): niente da segnalare.

Compatibilità con tempi e fasi di processo: non vi sono particolari problemi. I nuovi prodotti si integrano con le linee esistenti. Con l'introduzione dei forni essiccatori/riattivatori e con l'opportuna miscelazione con induritore, i tempi di presa e incollatura rientrano nei normali valori di produzione. Anche nell'aggiunteria non si presentano problemi importanti.

Cura ed attenzione nell'utilizzo dell'innovazione: poche ore bastano per formare il personale sui pochi aspetti delicati introdotti con l'innovazione.

Efficienza dei sistemi di applicazione: i pennelli impiegati sono diversi da quelli usati precedentemente con i prodotti a solvente (hanno setole particolari). I sistemi a spruzzo, nell'aggiunteria, necessitano di una pulizia giornaliera.

Qualità prodotto finale: le tenute meccaniche possono essere migliori dei prodotti tradizionali; in particolare nelle operazioni di aggiunteria (incollaggio fodera-tomaia) il prodotto risulta migliore in qualità. Il prodotto all'acqua infatti, a differenza di quello a solvente, non aggredisce la fibra della tomaia lasciandola più morbida e confortevole.

Costi

Relativamente all'innovazione che ha riguardato le fasi di incollaggio suola/tomaia sono stati sostenuti i seguenti costi iniziali d'investimento:

- sistemi applicativi: nessun costo visto che i sistemi a spruzzo inizialmente acquisiti sono stati dimessi;
- forni essiccatori/riattivatori: è stato acquistato un forno per ogni manovia (in cui è stato introdotto il prodotto ad acqua). Il costo per forno è nell'ordine dei 20 milioni di lire (pari a circa 10.500 €) cadauno;
- adeguamento linee: nessun costo;

e costi operativi:

- costo unitario di prodotto: il costo è sostanzialmente valutato come analogo a quello dell'adesivo a solvente poiché, sebbene il costo unitario sia maggiore, la resa è decisamente migliore e determina pertanto un consumo inferiore di prodotto a parità di pezzi lavorati;
- manutenzione macchine/attrezzature: non sono quantificati tali costi perché comunque non eccessivi. La sostituzione dei pennelli è leggermente più frequente rispetto a quando si utilizzavano i prodotti a solvente;
- formazione del personale: bastano poche ore per la formazione del nuovo personale. I costi sono assolutamente ininfluenti.

Vantaggi economici ed operativi

L'introduzione dei nuovi prodotti all'acqua ha portato a:

- vantaggi e risparmi in sicurezza e igiene sul lavoro soprattutto in relazione a visite mediche dei lavoratori e trasporto di prodotti pericolosi;
- vantaggi e risparmi di tipo ambientale come i costi energetici dei sistemi di aspirazione e di abbattimento (filtri).

Problemi rilevati

Nessuno in particolare, se non nei casi, sporadici, di particolari materiali che richiedono dei primer a solvente o l'utilizzo di adesivi in grosse quantità.

EIFEL

Fonte: ricerca svolta da ERVET nell'ambito del progetto regionale "Promozione dello sviluppo sostenibile in Emilia Romagna – Interventi integrati per la diffusione dell'EMAS e delle Cleaner Production e per l'informazione e l'educazione ambientale"

Dati aziendali

Sede della ditta EIFEL : Via Oberdan, 22 – Fusignano (RA)

Tel. 0545 50115

Tipologia del prodotto: Scarpa da donna, di media qualità, classica/sportiva.

Materiali utilizzati: pelle (tomaia) esclusivamente, con suola in gomma/cuoio

Operazioni svolte: aggiunteria, per ciò che concerne l'accoppiamento fodera/tomaia, e montaggio e incollatura delle suole.

Innovazione tecnologica adottata

Sono stati sostituiti gli adesivi a solvente con quelli ad acqua in tutte le fasi di accoppiamento fodera/tomaia.

Motivi dell'innovazione

L'azienda è stata spinta alla sostituzione dei prodotti da esigenze di riduzione degli impatti ambientali e di miglioramento della sicurezza negli ambienti di lavoro, oltre che dalla volontà di anticipare i tempi passando a quelli che ritiene essere "i prodotti del futuro".

Aspetti tecnici dell'innovazione

Materiali: sono stati introdotti adesivi ad acqua che vengono impiegati con opportuni induritori.

Sistemi di applicazione: sono stati acquistate 2 macchine a spruzzo con cappe aspiranti.

Macchine accessorie: non sono stati necessari forni di essiccazione.

Prestazioni

Resistenze meccaniche: i prodotti all'acqua non hanno dato problemi.

Durabilità (resistenze a idrolisi e condizioni termoigrometriche): niente da segnalare.

Compatibilità con tempi e fasi di processo: non vi sono particolari problemi. I nuovi prodotti si integrano con le linee esistenti. e con l'opportuna miscelazione di un induritore, i tempi di presa e incollatura rientrano nei normali ritmi di produzione.

Cura ed attenzione nell'utilizzo dell'innovazione: poche ore bastano per formare il personale sui pochi aspetti delicati introdotti con l'innovazione.

Efficienza dei sistemi di applicazione: i sistemi a spruzzo, nell'aggiunteria, necessitano di una pulizia giornaliera.

Qualità prodotto finale: non vi sono variazioni sostanziali rispetto al risultato che si otteneva con gli adesivi a solvente.

Costi

Come costi iniziali d'investimento sono state rilevate le seguenti informazioni:

- sistemi applicativi: sono stati acquistati 2 sistemi a spruzzo il cui costo è stato di 10 milioni di lire (pari a circa € 5.200) l'uno;
- sistemi di essiccazione: nessun costo poiché non si è avuta la necessità di dotarsi di forni;
- adeguamento linee: nessun costo;

come costi operativi invece:

- costo unitario prodotto: non vi sono differenze di costo in confronto con quello tradizionale;
- manutenzione macchine: sono pari all'impegno di una persona che per ½ ora al giorno deve provvedere alla pulizia degli spruzzatori;
- formazione del personale: poiché bastano poche ore per la formazione del personale per l'utilizzo del nuovo prodotto, i costi per la formazione sono assolutamente ininfluenti.

Vantaggi economici ed operativi

Non vi sono vantaggi economici e operativi particolari, visto che permane l'utilizzo di prodotti a solvente nella manovra. I vantaggi in termini di costi ambientali e di sicurezza ed igiene potranno aversi nel caso in cui si generalizzerà l'adozione di questi prodotti anche sulle altre linee.

Problemi rilevati e barriere all'innovazione

Non si è ancora del tutto sicuri dell'efficacia dei nuovi prodotti per l'incollaggio delle suole alla tomaia (fase che, pur essendo quella maggiormente interessata dal rilascio di emissioni di COV; non è ancora stata coinvolta nell'innovazione verso prodotti all'acqua).

Pur essendo intenzione dell'azienda adottare adesivi a base acquosa in tutte le linee del processo nel prossimo futuro, l'allargamento dell'innovazione alle altre fasi di lavoro è stato rallentato soprattutto a causa della sfiducia nel riuscire a soddisfare le richieste di alcuni importanti clienti che non consentono l'assemblaggio delle suole con prodotti all'acqua senza garanzie assolute di tenuta, pena la perdita dell'intera commessa. Si ha quindi la necessità di validare una sperimentazione adeguatamente impostata per offrire ai clienti le garanzie richieste.

Indicatori di prestazione ambientale

- g di prodotto usato per m^2 di substrato incollato
- % di prodotto di scarto
- % di rifiuti pericolosi generati dall'incollaggio rispetto al quantitativo complessivo di rifiuti prodotti da tale fase
- contenuto % di COV
- g di COV emessi per m^2 di substrato incollato
- l di acque reflue prodotte per kg di adesivo utilizzato
- m^3 di metano o kWh consumati per m^2 di substrato incollato

Aspetti economici

Dato l'elevato contenuto di sostanze solide, gli adesivi in dispersione acquosa sono in genere meno costosi di quelli a solvente, soprattutto se si considerano i costi totali. Il prezzo di acquisto dei prodotti all'acqua è generalmente inferiore rispetto agli adesivi a solvente del 15-20%. Se si ricorre all'impiego di prodotti secchi da miscelare con acqua al momento dell'uso si ottiene un risparmio anche sui costi di trasporto poiché diminuiscono i volumi in circolazione.

L'equipaggiamento richiesto per l'utilizzo di adesivi all'acqua è meno costoso (per un 8% circa dei costi di acquisto) rispetto a quello impiegato per i prodotti a solvente, senza considerare le apparecchiature per la captazione dei COV ed il loro eventuale abbattimento non necessarie nel caso di adesivi a base acquosa in virtù del loro basso o nullo contenuto volatile.

In caso di riconversione di un processo a solvente verso prodotti all'acqua, la possibilità di applicare questi ultimi con le stesse apparecchiature utilizzate per l'impiego di prodotti a solvente permettere di rendere economicamente sostenibile la transizione del processo produttivo verso tali adesivi a minor impatto ambientale. Il ricorso a sistemi già noti e familiari permette di evitare i costi necessari per la formazione degli operatori.

I costi più prettamente ambientali associati ai sistemi di abbattimento, alle procedure autorizzatorie, ai monitoraggi e allo smaltimento dei rifiuti pericolosi risultano sicuramente più bassi, a differenza dei prodotti a solvente, nel caso degli adesivi all'acqua, nonostante siano generati reflui da trattare, grazie al loro contenuto minimo di COV e altre sostanze pericolose.

E' stato calcolato dal National Risk Management Research Laboratory dell'EPA (agenzia di protezione ambientale americana) che i costi operativi per gli adesivi a base acquosa risultano approssimativamente più bassi del 33% in confronto con quelli a solvente.

Fornitori di adesivi all'acqua per calzature

3M
Direzione Generale e Amministrativa
Loc. S. Felice - via S.Bovio, 3
20090 - Segrate (Milano)
numero verde 3M Italia: 800-802145
Fax: 02 - 70352006
e-mail: innovation.it@mmm.com
sito web: www.ergadesivi.com/html/3m.htm

FRABO ADESIVI S.p.a.
20061 Carugate (Milano)via Garibaldi 76/78
tel 02 9253631
fax 02 9252957
e-mail: commerciale/ordini@frabo.it (reparto commerciale e ordini)
Sito web: www.frabo.it
Referente: Sig. Castellucci – agente di zona per l'Emilia Romagna
Sig. Fratoni – responsabile commerciale.

WICTOR S.p.a.
25036 PALAZZOLO SULL'OGLIO (Brescia)
Via Gardale, 24
Tel. 030 740611

Fax 030 7400616-7406266

e-mail: info@wictor.it

sito web: www.wictor.it

ICAP-SIRA CHEMICALS AND POLYMERS S.p.a.
Sede di Parabiago-Milano (Unità Produttiva 1)

Via Corridoni, 19 - 20015 Parabiago (Milano)

Tel. 0331 496111

fax 0039 0331 495005

Sede di Barberino di Mugello-Firenze (Unità Produttiva2)

Via di Bellavalle 1/2 - 50031 Barberino di Mugello (Firenze)

Tel. 055 842211

fax 0039 0331 495518 - fax 0039 055 8422136

e-mail:info@icapsira.com

sito web: www.icapsira.com

INDUSTRIA CHIMICA FRATELLI ZUCCHINI S.r.l.
Via Colombo, 6

44044 Cassana (Ferrara)

Tel. 0532-782611

Fax 0532-732121

e-mail: info@zucchini.it (per informazioni generiche); tecnico@zucchini.it (per assistenza tecnica);

commerciale@zucchini.it (per assistenza commerciale); acquisti@zucchini.it (per acquisti)

sito web: http://www.zucchini.it/

Referenti: Dott. Buttino - responsabile tecnico commerciale
Sig. Reale – settore tecnico

FORESTALI S.r.l.
Via Kennedy, 75

20010 Marcallo con Casone (Milano)

Tel. 02 972141

Fax 02 9760158

e-mail: forestali@interbusiness.it

Referente: Dott. Bocca - direttore commerciale

INTERCOM S.a.s.
Via della Gora 90/92

50025 Montespertoli (Firenze)

Tel. 0571 671096

Fax 0571 671151

Sito web: http://www.penteres.it/intercom

e-mail: intercom@penteres.it; ecomfi@penteres.it

Referente: Sig. Andrea ZANNI - rappresentante di zona per Emilia Romagna

ICHEMCO s.r.l.
via T. Tasso 5/7

20010 Pogliano Milanese (Milano)

Tel. 02 93550268

Fax 02 93257489

Sito web: http://www.ichemco.it/ichemco.asp

e-mail: ichemco@ichemco.it

Referente: Dott.ssa Francesca Bellini - ass.te tecnico commerciale

HB Fuller - Italia Srl
ss 211 Km 63,233

28071 - Borgolavezzaro (Novara)

Tel. 0321 888800

Fax 0321 888802

sito web: http://www.hbfuller.com/

EUROKOLL Adesivi Industriali S.r.l.
Zona Industriale

73042 Casarano (Lecce)

Tel. 0833 512267

Fax 0833 332849

e-mail: info@eurokoll.com

sito web: www.mastek.it

KLEBERTEK S.p.a.
Via Olgiate, 74

22075 Lurate Caccivio (Como)

Tel. 031 390390

e-mail: klebertek@klebertek.it

ROSER ADESIVI S.r.l.
Via B. Buozzi, 21

60044 Fabriano (Ancona)

Tel. 0732 627361

Fax 0732 629581

e-mail: roser@roser.it

Sito web: www.roser.it

SARCO CHEMICALS S.n.c.
P.zza XX Settembre, 5
21100 Varese
Tel. 0332 238205
Fax 0332 238434
e-mail: sarcochem@libero.it

6.2.1.1 Tipologie specifiche di adesivi all'acqua

Si riportano all'interno del presente paragrafo informazioni più puntuali per l'impiego delle specifiche tipologie di solventi a base acquosa applicabili nel campo della realizzazione di calzature, ovverosia adesivi a base poliuretanica e policloroprenica.

Adesivo a base poliuretanica in dispersione acquosa - sono i prodotti più innovativi che possono offrire le prestazioni migliori; impongono delle tecniche di applicazione ad hoc in quanto richiedo la successiva riattivazione.

Preparazione superfici	Possono rendersi necessarie operazioni di preparazione delle superfici, in funzione delle caratteristiche stesse delle superfici (cardatura, lavaggio con solvente, applicazione di primer)
Applicazione	Spalmatura del collante in strato uniforme su entrambe le superfici da unire utilizzando un pennello o altra attrezzatura idonea all'applicazione di adesivi in dispersione acquosa. Le macchine a spruzzo possono soffrire nell'utilizzo di materiali ad alta viscosità, più indicati per l'incollaggio suola-tomaia.
Tempo di essiccazione	Il tempo di essiccazione dipende sensibilmente da temperatura e umidità dell'ambiente e dalla porosità delle superfici. I tempi di essiccazione possono essere sensibilmente ridotti con l'aiuto del calore e della ventilazione forzata (utilizzo di forni).

Accoppiamento a freddo	Accoppiamneti a freddo possono essere eseguiti entro pochi minuti (5' – 8') dall'applicazione dell'adesivo sfruttando l'appiccicosità dell'adesivo anche senza riattivazione.
Accoppiamento a caldo	dopo la completa essiccazione che si realizza in genere dopo y min (20' – 50'), bisogna operare la riattivazione delle superfici (50-80°C) e accoppiare esercitando un'adeguata pressione.
Presa	Il collante raggiunge la sua massima tenuta dopo … (1 o 2 giorni max, variabile in funzione del tipo di prodotto e additivo induritore)

Adesivo a base policloroprenica in dispersione acquosa - prodotti neoprenici o lattici sintetici, in emulsione acquosa: si tratta dei prodotti più tradizionali, derivanti direttamente da quelli a solvente, che danno ormai ottime garanzie negli incollaggi secondari (fodera-tomaia).

Preparazione superfici	Possono rendersi necessarie operazioni di preparazione delle superfici, in funzione delle caratteristiche stesse delle superfici (cardatura, lavaggio con solvente, applicazione di primer)
Applicazione:	Spalmatura del collante in strato uniforme su entrambe le superfici da unire utilizzando un pennello o altra attrezzatura idonea all'applicazione di adesivi in dispersione acquosa.
Accoppiamento	Procedere all'unione delle parti a film adesivo ancora umido, immediatamente dopo l'applicazione o pochi minuti dopo, a secondo delle modalità di applicazione seguite
Tempo di essiccazione	E' influenzato dalla porosità dei materiali, da temperatura e umidità dell'ambiente. Può essere sensibilmente ridotto con l'uso del calore (forno essiccatore)
Presa	La presa dell'adesivo è immediata e raggiunge il suo valore massimo dopo l'essiccazione.

6.2.2 Prodotti adesivi termofusibili ("hot melt")

Si tratta di prodotti del tutto privi di solventi, solidi a temperature minori di circa 80°C e fluidi di bassa viscosità sopra gli 80°C; si fissano, determinando l'incollaggio delle parti da accoppiare, appena si raffreddano.

Ad oggi gli adesivi hot melt impiegati sono costituiti completamente da polimeri termoplastici (copolmeri etilene-vinilacetato, copolimeri stirene-isoprene-stirene, copolimeri stirene-butadiene-stirene, copolimeri etilene-etilacrilato e poliuretanici reattivi).

Generalmente i polimeri costituenti gli adesivi termofusibili non forniscono da soli l'insieme delle caratteristiche richieste al prodotto finale e pertanto nella formulazione sono miscelati ad essi anche sostanze adesivanti, cere, antiossidanti, plastificanti e altri additivi in grado di migliorare le prestazioni dei polimeri.

L'adesivo termofusibile di ultima generazione è un polimero poliuretanico monocomponente reattivo (sigla identificativa PUR) che si comporta come gli altri hot melt con in più la capacità di reagire con l'umidità dando luogo a fenomeni di reticolazione e/o allungamento delle catene che determinano la formazione di un nuovo polimero poliuretanico con caratteristiche più performanti rispetto ai normali prodotti termofusibili.

In generale i manufatti incollati con prodotti hot melt non subiscono l'influenza dell'acqua o dell'umidità mentre possono esserci indebolimenti nel legame tra le parti assemblate quando si raggiungono temperature molto elevate. I prodotti poliuretanici reattivi (PUR) una volta reticolati non risentono invece di eccessivi riscaldamenti.

Campo di applicazione

Gli adesivi termofusibili incollano tenacemente svariati tipi di materiali. Nel campo della produzione di calzature possono essere utilizzati in particolare per alcune fasi di assemblaggio della tomaia (premorta e montaggio dei fianchi), in operazioni di giunteria (ripiegatura e foderatuta, incollaggio sottopiedi di pulizia e solettatura), per le parti imbottite, per il montaggio del puntale, del tallone e del fianco della suola.

Trovano un impiego piuttosto diffuso per la produzione di scarpe sportive.

Alcuni limiti d'uso potrebbero nascere dalla temperatura alla quale l'adesivo deve essere applicato al substrato (solitamente attorno a 210°C) che potrebbe essere dannosa per materiali a bassa resistenza termica; per superare questo ostacolo sono stati messi a punto nuovi formulati di prodotti termofusibili, denominati *low melt*, che fondono a temperature più basse (attorno a 130°C) permettendo così di eliminare i rischi di danneggiamento termico degli hot melt e garantendo al contempo analoga tenuta meccanica.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

L'applicazione degli adesivi termofusibili deve avvenire con apparecchiature apposite le quali provvedono a riscaldare il prodotto solido fino alla temperatura di fusione (da 130°C a 220°C a seconda del tipo di adesivo) e quindi a dosarlo sulla superficie da incollare. Per un buon risultato è molto importante che la temperatura si mantenga stabile durante l'applicazione; ciò viene garantito da sistemi di controllo termostatico associati ai dispositivi di fusione e applicazione del prodotto.

Si hanno applicatori a pistola che realizzano l'estrusione del prodotto attraverso un ugello dotato di un sistema a valvola che permette di interrompere l'uscita dell'adesivo quando l'operatore dà il comando. La capacità di estrusione è diversa a seconda delle diverse tipologie di applicatori disponibili sul mercato, tarate per le diverse esigenze produttive.

Nel caso in cui l'adesivo debba essere applicato su tutta la superficie del substrato da incollare (e non solo su alcuni punti o tratti) è necessario l'utilizzo di spalmatrici a rullo.

L'attrezzatura deve essere pulita dal prodotto subito dopo l'applicazione per evitare di rovinarla.

Per quanto riguarda la fase di asciugatura e reticolazione / polimerizzazione che solitamente deve essere realizzata quando si impiega un prodotto adesivo, i collanti termofusibili non richiedono tale trattamento poiché non contengono fluidificanti che devono essere allontanati per asciugatura ed il semplice raffreddamento al di sotto della temperatura di fusione determina l'adesione.

Aspetti ambientali e di sicurezza / salute

Gli adesivi hot melt garantiscono l'eliminazione delle emissioni di solventi perché sono completamente solidi. L'impiego dei prodotti termofusibili a temperature contenute (*low melt*) consente di ridurre anche i fumi e gli odori generati durante la fusione.

Dall'utilizzo degli hot melt non si producono rifiuti pericolosi grazie all'assenza di componenti nocivi quali i solventi. Relativamente invece ai consumi energetici, per l'applicazione di questa tipologia di adesivi è necessario un certo dispendio di energia elettrica per il riscaldamento del prodotto; d'altro canto però sono evitati i consumi legati alle fasi di asciugatura / polimerizzazione e ai sistemi di aspirazione ed eventuale abbattimento delle emissioni atmosferiche.

Dal punto di vista dei benefici che riguardano l'ambiente di lavoro così come i collanti ad acqua anche i termofusibili non sono infiammabili e non generano rischi di esplosione. L'utilizzo di dispositivi che riscaldano il prodotto fino alla temperatura di fusione necessitano di una corretta formazione degli operatori per evitare che si verifichino scottature (gli applicatori sono comunque progettati per essere il più possibile confortevoli durante l'uso e non affaticare l'operatore, così da non indurre in mosse scorrette che possono causare contatto con le parti ad alta temperatura e quindi ustioni).

Esempi applicativi

MARCO BOTTI S.r.l.

Fonte: ricerca svolta da ERVET nell'ambito del progetto regionale "Promozione dello sviluppo sostenibile in Emilia Romagna – Interventi integrati per la diffusione dell'EMAS e delle Cleaner Production e per l'informazione e l'educazione ambientale"

Dati aziendali

Sede della ditta Marco Botti S.r.l.: Via Cattaneo, 2 - Bagnacavallo (RA)

Tel. 0545 60769

Tipologia di prodotto realizzato: Scarpa da donna, di media qualità, classica/sportiva.

Materiali utilizzati: pelle, cuoio, termoplastico (TR; PU; PVC), gomma.

Operazioni svolte: montaggio e incollatura delle suole (sito di Bagnacavallo); aggiunterie sulla tomaia (siti in Tunisia).

Innovazione tecnologica adottata

Gli stabilimenti di Bagnacavallo hanno sostituito gli adesivi a base solvente con adesivi termofusibili nelle operazioni di formatura delle tomaie (mediante assemblaggio alla soletta interna) e per l'incollaggio dei sottopiedi di pulizia.

Motivi dell'innovazione

L'azienda si trova in un centro abitato ed ha dovuto trovare le soluzioni adeguate a permette il rispetto delle prescrizioni fissate dall'autorità. Nella valutazione su come procedere si è preferito questo tipo di investimento ai costosi sistemi di abbattimento.

E' stato importante anche il risvolto relativo al miglioramento delle condizioni di sicurezza e di igiene del luogo lavoro.

Aspetti tecnici dell'innovazione

Nella prima fase di incollaggio delle tomaie alla soletta interna sono utilizzate macchine dosatrici alimentate con filamenti di colla solida che viene riscaldata ed estrusa al momento dell'applicazione del pezzo da incollare. Le macchine provvedono anche alla piegatura delle estremità della tomaia e alla pressatura necessaria per l'adesione.

Nella fase di montaggio dei sottopiedi di pulizia si utilizza invece una colla in panetti, fatta fondere in una cameretta riscaldata con cui si alimenta un rullo applicatore che distribuisce l'adesivo fuso sul pezzo da incollare che viene quindi assemblato manualmente all'interno della scarpa.

Vantaggi economici ed operativi

L'introduzione dei nuovi prodotti termofusibili ha portato a:

- vantaggi e risparmi in sicurezza e igiene sul lavoro soprattutto in relazione a visite mediche dei lavoratori e trasporto di prodotti pericolosi;
- vantaggi e risparmi di tipo ambientale come i costi energetici dei sistemi di aspirazione e di abbattimento (filtri).

Indicatori di prestazione ambientale

- g di prodotto usato per m^2 di substrato incollato
- % di prodotto di scarto
- kWh consumati per m^2 di substrato incollato

Aspetti economici

Pur essendo il prezzo dei collanti hot melt più elevato rispetto ai prodotti a solvente, il ricorso a questo tipo di adesivi comporta un risparmio economico dato che essi sono completamente solidi e pertanto l'intero volume del prodotto applicato svolge la funzione adesiva (mentre per i prodotti a solvente si ha una componente del 50-70% costituita da composti volatili che agiscono solo come fluidificanti e che si perdono al momento dell'applicazione). In definitiva quindi la resa di un prodotto termofusibile è molto più elevata di un adesivo a solvente e ciò si traduce in un abbattimento consistente del costo per unità di peso di residuo solido. La maggior resa associata agli adesivi hot melt comporta inoltre una diminuzione dei costi di trasporto.

Da valutazioni condotte nel 1994 dal National Risk Management Research Laboratory dell'EPA (agenzia di protezione ambientale americana) è emerso che gli investimenti richiesti per implementare una linea di incollaggio con adesivi termofusibili è inferiore del 50-70% (comprendendo anche gli impianti per l'aspirazione e l'abbattimento delle emissioni) rispetto a quanto necessario per un sistema a solvente.

In termini di costi operativi, il vantaggio offerto dai prodotti hot melt consiste nella maggior produttività che essi consentono (il processo di adesione è molto più veloce, i pezzi incollati possono essere maneggiati subito per procedere con le lavorazioni successive e non si hanno quindi tempi morti) e nel risparmio energetico

complessivo prodotto (nonostante i sistemi di applicazione richiedano un consumo di energia elettrica per fondere l'adesivo, non essendo necessari sistemi di asciugatura/cura e impianti di aspirazione e abbattimento delle emissioni, il bilancio energetico risultante è a favore dei collanti termofusibili).

Ulteriori risparmi ottenibili con gli adesivi hot melt riguardano i costi assicurativi (inferiori dato che non si hanno rischi di incendio ed esplosione) e i costi di gestione ambientale (per il monitoraggio delle emissioni e per lo smaltimento dei rifiuti).

Fornitori di adesivi termofusibili per calzature

3M
Direzione Generale e Amministrativa
Loc. S. Felice - via S.Bovio, 3
20090 - Segrate (Milano)
numero verde 3M Italia: 800-802145
Fax: 02 - 70352006
e-mail: innovation.it@mmm.com
sito web: www.ergadesivi.com/html/3m.htm

WICTOR S.p.a.
25036 PALAZZOLO SULL'OGLIO (Brescia)
Via Gardale, 24
Tel. 030 740611
Fax 030 7400616-7406266
e-mail: info@wictor.it
sito web: www.wictor.it

NATIONAL STARCH & CHEMICAL S.p.a.
Via Roma, 29
20050 Mezzago (Milano)
Tel. 039 60921
Fax 039 6092201
sito web: www.nationalstarch.com

INDUSTRIA CHIMICA FRATELLI ZUCCHINI S.r.l.
Via Colombo, 6
44044 Cassana (Ferrara)
Tel. 0532-782611
Fax 0532-732121

e-mail: info@zucchini.it (per informazioni generiche); tecnico@zucchini.it (per assistenza tecnica); commerciale@zucchini.it (per assistenza commerciale); acquisti@zucchini.it (per acquisti)
sito web: http://www.zucchini.it/
Referenti: Dott. Buttino - responsabile tecnico commerciale
Sig. Reale – ufficio tecnico

KLEBERTEK S.p.a.
Via Olgiate, 74
22075 Lurate Caccivio (Como)
Tel. 031 390390
e-mail: klebertek@klebertek.it

6.2.3 Adesivi e primer trattabili con radiazioni

Questa tipologia di prodotti è formulata da composti (monomeri, oligomeri e fotoiniziatori) che reagiscono tra loro, polimerizzando, quando vengono sottoposti ad un'idonea sorgente di radiazioni (che possono essere raggi ultravioletti[13] o fasci di elettroni[14]) e si trasformano quindi completamente nel prodotto solido.
Poiché prima di essere sottoposti al trattamento con radiazioni gli adesivi di questa categoria sono costituiti da molecole a basso peso molecolare, la loro viscosità è sufficientemente bassa da non richiedere, se non in casi particolari, l'aggiunta di sostanze diluenti (che possono essere sia solventi organici che acqua).

Campo di applicazione

Gli adesivi all'UV-EB trovano impiego principalmente nella produzione delle scarpe da ginnastica.
Possono essere usati su superfici sensibili al calore in quanto vengono applicati e polimerizzati a freddo, non sono sensibili alle temperature o all'umidità e possiedono un'eccellente resistenza chimica.
La tecnologia di polimerizzazione con raggi UV non può essere utilizzata su oggetti che hanno forme complesse che impediscono alla radiazione di raggiungere il prodotto adesivo; i sistemi con fasci di elettroni (EB) hanno invece un potere di penetrazione molto elevato e non risentono di queste limitazioni.
I primer ad attivazione UV sono utilizzati per il trattamento di suole ed intersuole a base di EVA reticolato espanso e costituiscono un'alternativa alle operazioni di cardatura (la cui effettuazione risulta particolarmente difficile su componenti di forma elaborata).

[13] Di seguito UV.
[14] DI seguito EB.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

Per l'applicazione dei collanti e primer trattabili all'UV o con fascio di elettroni si possono impiegare le stesse attrezzature usate con i tradizionali prodotti a solvente (sistemi a spruzzo, pennelli, ecc.). Dato che gli adesivi UV-EB possiedono però valori di viscosità più elevati delle colle a solvente, in alcuni casi è necessario diluirli con piccole quantità di solventi o di acqua e, qualora siano applicati con sistemi a spruzzo, la pressione con cui vengono erogati può essere superiore rispetto a quella normalmente impostata nelle applicazioni a solvente.

Gli adesivi trattati con raggi UV necessitano di particolari sostanze (denominate fotoiniziatori) per avviare la reazione di polimerizzazione, mentre nel caso di trattamenti con fasci di elettroni l'iniziazione della reazione coinvolge solamente le molecole dei monomeri e degli oligomeri che compongono il prodotto adesivo.

Un sistema di polimerizzazione con raggi UV è composto da una fonte di luce con lunghezza d'onda tra i 200 e i 400 nm (generalmente una lampada di quarzo), riflettori per indirizzare la luce diffusa, un sistema di raffreddamento per rimuovere il calore che si genera dalla sorgente di luce e una schermatura per impedire che i raggi UV colpiscano l'operatore. Quando si ricorre invece ai fasci di elettroni l'attrezzatura richiesta consiste in un pannello di controllo, un trasformatore per il voltaggio, un acceleratore di elettroni ed un idoneo sistema di schermatura per la protezione degli addetti.

Le tecniche di applicazione per l'impiego dei primer ad attivazione UV prevedono una loro distribuzione sul componente mediante sistemi a spruzzo o pennello, una breve essiccazione e quindi un'esposizione ad irraggiamento in forno UV. La dose di energia da irraggiare sul componente mediante la radiazione UV è dipendente dal tipo di materiale su cui il primer è stato applicato. Dopo breve raffreddamento i componenti possono infine essere sottoposti alla successiva fase di incollaggio con adesivo poliuretanico bicomponente.

Per quanto riguarda la pulizia dell'attrezzatura usata per l'applicazione degli adesivi UV/EB, evitando che le radiazioni colpiscano l'attrezzatura stessa si impedisce che il prodotto indurisca con il beneficio di poter ritardare il lavaggio e di agevolare la rimozione dei residui.

Aspetti ambientali e di sicurezza / salute

Tutti i componenti della miscela degli adesivi UV/EB sono destinati virtualmente a formare il prodotto solido ottenuto per polimerizzazione per cui non si generano rilasci di COV in seguito ad evaporazione di un solvente (a meno che questo non sia impiegato come diluente per ridurre la viscosità del prodotto) ma si possono avere parziali evaporazioni dei componenti del prodotto (complessivamente la quantità di COV che può essere rilasciata è inferiore all'1% del peso del prodotto applicato).

Gli adesivi UV/EB sono difficilmente degradabili poiché rimangono integri fino a quando non sono sottoposti alla radiazione; questa caratteristica consente di limitare la produzione di rifiuti composti da adesivi esausti.
L'utilizzo delle lampade UV o del sistema a flusso di elettroni determina un certo consumo di energia elettrica, compensato però dal risparmio energetico che si realizza grazie al fatto di non dover procedere a trattamenti di riscaldamento dei pezzi lavorati[15] o a captazione ed espulsione / abbattimento delle emissioni atmosferiche.
Dal punto di vista della sicurezza dei luoghi di lavoro in cui si fa uso di questi prodotti, si deve sottolineare che i componenti costituitivi (monomeri, oligomeri e fotoiniziatori) hanno una certa tossicità per l'uomo, sebbene le sostanze attualmente impiegate consentano livelli di esposizione molto più elevati di quelli caratterizzanti i prodotti adesivi utilizzati in passato che possedevano caratteristiche di tossicità più elevata. Una volta polimerizzati (si noti che i trattamenti con UV e con fasci di elettroni permettono di completare le reazioni di polimerizzazione e reticolazione in pochi secondi) i prodotti perdono qualsiasi tossicità. Gli adesivi trattati con raggi UV o fasci di elettroni, infine, non danno luogo a rischi di incendio e/o esplosioni.
Gli operatori devono essere protetti, mediante apposite schermature, dalle radiazioni usate per la cura degli adesivi.

Indicatori di prestazione ambientale

- g di prodotto usato per m^2 di substrato incollato
- g di COV emessi per m^2 di substrato incollato
- % di prodotto di scarto
- kWh consumati per m^2 di substrato incollato

Aspetti economici

Il prezzo di acquisto dei collanti a radiazioni è superiore a quello dei prodotti a solvente; poiché però essi non contengono parti volatili con funzione esclusiva di diluizione ma concorrono interamente alla formazione del film adesivo, a parità di superficie da incollare è necessaria una quantità di prodotto UV/EB molto inferiore rispetto all'adesivo a solvente, ovvero si ha un risparmio finale in virtù di una resa superiore. La velocità di cura consentita con l'impiego delle radiazioni permette, inoltre, di aumentare notevolmente la produzione poiché elimina completamente i tempi morti.

Generalmente le colle all'UV sono più care (del 20% circa) delle colle trattabili con fasci di elettroni poiché richiedono l'aggiunta di un fotoiniziatore.

Il costo complessivo dell'equipaggiamento richiesto da un sistema che sfrutta i fasci di elettroni è paragonabile a quello impiegato con i prodotti a solvente se si tiene conto anche dei sistemi di aspirazione e abbattimento delle emissioni (non richiesti per i prodotti che polimerizzano ad opera di radiazioni). I dispositivi all'UV hanno invece di un costo intrinsecamente inferiore (circa il 25% in meno di quelli usati con gli adesivi a solvente) e il risparmio aumenta ulteriormente se si considera che non sono necessarie captazioni e trattamenti delle emissioni.

Le considerazioni esposte in relazione ai costi di prodotto e di attrezzature si riflettono anche sui costi operativi, ovvero sui costi energetici (inferiori grazie alla mancanza di operazioni di riscaldamento e di trattamento dell'aria) e sui costi di materiale consumato per unità di prodotto finito.

I benefici che si ottengono in termini sia di miglioramento ambientale che di salubrità e sicurezza dell'ambiente di lavoro producono anche un risparmio sui premi assicurativi e sui controlli periodici (dell'inquinamento e dell'esposizione degli addetti).

Fornitori di adesivi e primer UV / EB per calzature

INDUSTRIA CHIMICA FRATELLI ZUCCHINI S.r.l.
Via Colombo, 6
44044 Cassana (Ferrara)
Tel. 0532-782611
Fax 0532-732121
e-mail: info@zucchini.it (per informazioni generiche); tecnico@zucchini.it (per assistenza tecnica); commerciale@zucchini.it (per assistenza commerciale); acquisti@zucchini.it (per acquisti)
sito web: http://www.zucchini.it/
Referenti: Dott. Buttino - responsabile tecnico commerciale; Sig. Reale – ufficio tecnico

6.2.4 Prodotti di finissaggio a basso o nullo contenuto di solvente

Le operazioni di finissaggio dei vari componenti di una calzatura (tomaia, suola o tacco) consistono in operazioni di colorazione e verniciatura delle pelli, ammorbidimento e lucidatura. Per questi trattamenti sono impiegati prodotti specifici, quali creme, appretti, preparatori (detergenti o fondi), rinnovatori o coloranti, vernici. Accanto alle formulazioni contenenti solventi il mercato offre anche prodotti a base acquosa

[15] In confronto ai sistemi di asciugatura impiegati con i tradizionali prodotti, i dispositivi UV / EB permettono un risparmio energetico del 75.-90%.

(detergenti, appretti, coloranti, vernici) o prodotti in formato solido-semisolido a base di sostanze naturali (cere, creme) a basso o nullo contenuto di solventi. E' possibile trovare prodotti di finissaggio all'acqua anche per calzature in materiale sintetico "similpelle".

Campo di applicazione

I prodotti di finissaggio a basso o nullo contenuto di solvente sono applicabili per i diversi componenti di una calzatura (tomaia, suola e tacco) sia in pelle che in similpelle; in particolare:

- per il trattamento delle tomaie:
  - detergenti all'acqua, adatti ad ogni tipo di pelle, per la pulizia e lo sgrassaggio preliminare all'applicazione dell'appretto;
  - creme a base di cere naturali o grasso di origine animale utilizzabili per: il ripristino del pellame; il rinnovo, l'omogeneizzazione e la lucidatura; la copertura di difetti superficiali; l'ingrassaggio;
  - appretti liquidi o in crema a base acquosa o alla cera usati per la lucidatura e l'omogeneizzazione del colore;
  - rinnovatori e coloranti applicati sia su cuoio e pellame che su camoscio per conferire alla superficie il colore desiderato o ravvivare il colore già presente;
- per il trattamento delle suole e dei tacchi:
  - colori alla cera;
  - sformature liquide a base acquosa per la colorazione o la lucidatura adatte a cuoio pomiciato;
- per il trattamento di materiali in similpelle:
  - lacche all'acqua per conferire effetti di lucentezza od opacità, effetti tattili, ecc.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego dei prodotti

Si riportano nella tabella seguente le indicazioni per l'applicazione dei diversi prodotti di finissaggio a basso o nullo contenuto di solvente.

	Tipologia di prodotto	Indicazioni per l'applicazione
Tomaie	Detergenti	La corretta applicazione dei detergenti a base acquosa è mediante un panno di cotone.
	Creme	Le creme più solide vanno applicate mediante l'uso di una spugna morbida e quindi la tomaia deve essere trattata con apposite spazzole di lana; le creme più liquide possono essere applicate a spruzzo.
	Appretti alla cera	Possono essere applicati sia a spruzzo che mediante spugna. Nel caso sia richiesta una particolare brillantezza, la tomaia trattata deve essere successivamente spazzolata (per alcuni specifici appretti autolucidanti questa operazione non è necessaria).
	Appretti liquidi a base acquosa	Possono essere applicati sia a spruzzo che mediante spugna; in alcuni casi è richiesto passaggio successivo di spazzolatura.
	Appretti in crema a base acquosa	Devono essere applicati con spugne naturali a meno di alcune specifiche tipologie che possono essere distribuite mediante spegne sintetiche; sono necessari trattamenti successivi di spazzolatura.
	Rinnovatori e coloranti	A seconda del tipo di prodotto e dell'effetto finale desiderato rinnovatori e coloranti possono essere applicati tramite immersione, spruzzo, tampone, spugna. Il prodotto va lasciato asciugare dopo l'applicazione.
Suole e tacchi	Colori alla cera	I colori alla cera possono essere applicati con l'uso di pennelli, spugne, macchine automatiche o pistole a spruzzo, a seconda dello specifico tipo di prodotto; può essere necessario un successivo passaggio di levigatura mediante spazzolatura con cui ottenere anche un'uniformità di copertura. In alcuni casi può essere richiesto l'impiego di fissanti di colore.
	Sformature liquide a base acquosa	Questi prodotti possono essere applicati con pistole a spruzzo, pennelli o macchine a rulli; alla fase di distribuzione del colore e relativo stadio di asciugatura va fatta seguire un'operazione di spazzolatura.
Similpelle	Lacche all'acqua	Si utilizzano tecniche di applicazione a stampa mediante macchine a rullo che depositano i prodotti direttamente sulle superfici trattate

Aspetti ambientali e di sicurezza / salute

I prodotti di finissaggio a base acquosa o a matrice solida-semisolida sono migliorativi, per quanto concerne la problematica delle emissioni in atmosfera di composti organici volatili e le correlate ricadute nell'ambiente di

lavoro, rispetto agli analoghi prodotti contenenti solvente. Nel caso in cui i componenti di base di tali prodotti siano prodotti di origine naturale si migliora anche l'aspetto legato all'utilizzo di materie prime non rinnovabili.
L'impiego di spugne, panni, rulli e pennelli può tradursi nella generazione di rifiuti se non si procede ad un loro trattamento di lavaggio, effettuabile semplicemente con l'impiego di acqua, ed un conseguente riutilizzo.
Lo stadio di asciugatura richiesto dopo l'applicazione di alcuni prodotti di finissaggio, come i coloranti per tomaia o sformature per suola, avviene solitamente a temperatura ambiente e non genera quindi consumi energetici; solo in caso di specifiche esigenze produttive che richiedono tempi di lavorazione molto rapidi può essere necessario un passaggio in forno.
I prodotti a matrice solida-semisolida hanno una durata superiore ai corrispondenti prodotti contenenti solvente in quanto non seccano con la stessa rapidità; ciò equivale ad avere una minor produzione di prodotto di scarto. Questa considerazione vale anche per i prodotti all'acqua purché l'esposizione all'aria non sia eccessivamente prolungata (a causa di comportamenti non corretti degli operatori), nel qual caso subentrano fenomeni di putrescenza.

Indicatori di prestazione ambientale

- g di prodotto usato per m^2 di substrato trattato
- g di COV emessi per m^2 di substrato trattato
- % di prodotto di scarto
- kWh consumati per m^2 di substrato trattato

Aspetti economici e fornitori

I prodotti di finissaggio a matrice acquosa o solida-semisolida hanno in genere un costo del tutto paragonabile a quelli a solvente; risultano però economicamente più convenienti in conseguenza delle maggiori rese produttive che consentono di realizzare (in termini di quantità di prodotto consumata a parità di risultato ottenuto).
La riconversione di un processo a solvente verso prodotti all'acqua o solidi-semisolidi risulta di scarsa difficoltà vista la semplicità dei sistemi applicativi richiesti.
I costi più prettamente ambientali associati ai sistemi di abbattimento, alle procedure autorizzatorie, ai monitoraggi e allo smaltimento dei rifiuti pericolosi risultano sicuramente più bassi, a differenza dei prodotti a solvente, nel caso dei prodotti di finissaggio a matrice acquosa o solida-semisolida grazie al loro contenuto minimo di COV e altre sostanze pericolose.

Fornitori di prodotti di finissaggio a basso o nullo contenuto di solventi

ACI INVERUNO Srl
Via Pastuer, 3
20018 Sedriano (MI)
Tel. 02-90310247
Fax 02-90310249
e-mail: acinver@tin.it
sito web: http://www.aci-italy.it

KENDA FARBER Spa
Via Tramia, 72
27026 Garlasco (PV)
Tel. 0382-820201
Fax 0382-820205
e-mail: info@kendefarbe.com
sito web: http://www.kendafarben.com

LAMBERTI Spa
Via Marsala, 38
21013 Gallarate (VA)
Tel. 0331-715111
Fax 0331-775577
e-mail: marcom@lamberti.com
sito web: http://www.lamberti.com

NOVOTEX ITALIANA Spa
Via Moretto da Brescia, 32
20133 Milano (MI)
Tel. 02-701551
Fax 02-70155250
e-mail: info@novotex.it
sito web: http://www.novotex.it

6.2.5 Prodotti per serigrafia su pelle a basso o nullo contenuto di solvente

Le operazioni di serigrafia su pelle possono essere effettuate, in alternativa all'impiego di inchiostri a solventi, anche con prodotti a base acquosa o inchiostri all'UV.

Nel caso degli inchiostri per serigrafia all'acqua il solvente principale presente è appunto acqua anche se sono comunque presenti piccole percentuali di co-solventi organici (solitamente petrolio derivati) necessari alla riduzione dei tempi di essiccamento degli inchiostri.
Se negli inchiostri a solvente la presenza di una componente fortemente volatile è necessaria ed auspicabile per un veloce essiccamento dell'inchiostro stesso, tale presenza non ha ragione di esistere negli inchiostri UV sensibili per i quali l'indurimento è dovuto ad una reazione chimica tra alcuni componenti dell'inchiostro e i raggi ultravioletti.

Campo di applicazione

La stampa serigrafia con inchiostri all'acqua può essere realizzata su un'ampia gamma di pellami (vitello, capra, crosta, lapin, agnello, montone e cavallo) sia sul lato pelo che dal lato cuoio.
Per quanto riguarda invece gli inchiostri UV utilizzabili per serigrafia su pelle le limitazioni di impiego sono collegate alle caratteristiche finali del prodotto stampato, dato che non è possibile produrre, con questo tipo di inchiostri, colori del tutto opachi nè si possono produrre strati troppo spessi poiché è necessaria una certa trasparenza che permetta alla radiazione di penetrare nello strato di inchiostro permettendone la polimerizzazione completa. Gli inchiostri UV sono inoltre più soggetti di altri alla degradazione causata dalla luce del sole ed hanno un certo limite dal punto di vista della flessibilità.

Aspetti tecnico-tecnologici per l'impiego del prodotto

La stampa serigrafia con prodotti all'acqua utilizza le stesse apparecchiature impiegate nella serigrafia tradizionale con inchiostri a base di solvente (telai per serigrafia). Per accelerare il processo di essiccamento, solitamente più lungo per gli inchiostri all'acqua, si può ricorrere ad uno stadio di asciugatura forzata oppure all'aggiunta di opportuni catalizzatori (che però riducono il tempo di vita del prodotto).
Poiché la rimozione degli inchiostri all'acqua può risultare difficoltosa una volta che i prodotti si sono seccati, è opportuno effettuare una frequente pulizia dei telai.
Nel caso di impiego di inchiostri UV è necessario installare lampade che forniscano al substrato la radiazione necessaria per la polimerizzazione e l'essiccamento dell'inchiostro.

Aspetti ambientali e di sicurezza / salute

La presenza di minime percentuali di co-solventi negli inchiostri all'acqua permette di ottenere una significativa riduzione delle emissioni di COV in atmosfera. Trattandosi di inchiostri a base acquosa anche l'impatto

ambientale collegato alla fase di pulizia delle apparecchiature risulta contenuto poiché non sono necessari solventi organici ma è sufficiente l'uso di acqua.

L'utilizzo di inchiostri UV elimina del tutto il problema delle emissioni di COV nel processo di essiccamento/indurimento dell'inchiostro poiché il prodotto è costituito da componenti che reticolano e non evaporano in atmosfera. Poiché gli inchiostri a UV non possono polimerizzare se non in presenza di radiazioni UV, contrariamente a ciò che avviene con l'utilizzo di inchiostri a solvente, possono essere utilizzati anche dopo molte ore e per lungo tempo, permettendo quindi una significativa riduzione della frequenza di pulizia dei macchinari (e conseguentemente degli aspetti ambientali connessi alle operazioni di lavaggio, quali la produzione di rifiuti come assorbenti sporchi o soluzioni di lavaggio).

Indicatori di prestazione ambientale

- g di prodotto usato per m^2 di substrato serigrafato
- g di COV emessi per m^2 di substrato serigrafato
- % di prodotto di scarto
- kWh consumati per m^2 di substrato serigrafato

Aspetti economici

Normalmente gli inchiostri all'acqua hanno un costo più ridotto rispetto agli inchiostri a solvente. Se per l'applicazione è richiesto un sistema di essiccamento forzato va tenuto conto del costo energetico aggiuntivo.

Gli inchiostri UV costano invece di più dei convenzionali inchiostri a solventi però, grazie alla velocità di polimerizzazione di questi prodotti (dell'ordine di qualche secondo), consentono una maggiore produttività (espressa in numero di pezzi stampati per unità di tempo). Il consumo energetico è minore rispetto ai sistemi di essiccamento termici; l'adozione di inchiostri UV comporta però elevati costi iniziali a causa della necessità di dotare la linea di stampa di idonee sorgenti UV.

Per entrambe le tipologie di inchiostri a basso o nullo contenuto di solventi valgono le considerazioni relative al fatto che la risoluzione della problematica legata alle emissioni di COV si traduce concretamente in un risparmio di risorse (umane e finanziarie) per quel che concerne gli adempimenti in materia ambientale e di sicurezza in ambiente di lavoro.

Fornitori di inchiostri per serigrafia su pelle a basso o nullo contenuto di solventi

DESIGN PELLE Srl
Via della Distilleria, 39

56020 San Romano – Monopoli in Val D'Arno (PI)

Tel. 0571-450433; 0571-448370

Fax 0571-450454

sito web: http://www.designpelle.it

LAMBERTI Spa
Via Marsala, 38

21013 Gallarate (VA)

Tel. 0331-715111

Fax 0331-775577

e-mail: marcom@lamberti.com

sito web: http://www.lamberti.com

7 TECNOLOGIE DI ABBATTIMENTO

7.1 SISTEMI DI ABBATTIMENTO APPLICABILI NEI SETTORI ANALIZZATI

Le emissioni di stirene e degli altri solventi presenti nelle vernici, negli adesivi, nelle resine e nei prodotti per sgrassaggio, avvengono sia durante le fasi di applicazione del prodotto che in quelle di essiccamento, asciugatura o indurimento; per l'abbattimento di questi vapori possono essere utilizzati filtri a carbone attivo o combustori oppure, dove sia possibile, si può effettuare un'operazione di condensazione, mediante passaggio in sistemi di raffreddamento, finalizzata al recupero dei solventi.

Oltre alle emissioni di vapori di COV le lavorazioni che prevedono l'impiego di vernici, adesivi e resine possono generare, a seconda del sistema di applicazione usato, anche emissioni di particelle solide di prodotto (il cosiddetto overspray che non viene trasferito al substrato da trattare ma si disperde nell'intorno della zona di lavorazione). L'abbattimento di queste emissioni solide avviene generalmente mediante loro cattura ad opera di filtri o di un flusso di acqua.

Vengono di seguito riportate le diverse tecnologie di trattamento delle emissioni in atmosfera attualmente disponibili sul mercato. In linea di massima, per ogni tecnologia descritta, verranno indicati: il principio fisico sul quale si basa, il campo di applicazione, la descrizione impiantistica e le eventuali problematiche ambientali.

E' opportuno sottolineare che l'adozione dei sistemi di abbattimento da parte di un'impresa viene solitamente preceduta da un'analisi della necessità (derivante dalla concentrazione di inquinanti presenti sia nell'ambiente di lavoro – che comporta l'adozione di idonei sistemi di captazione funzionali ad evitare un'eccessiva esposizione degli operatori – sia nell'emissione rilasciata all'esterno – per la quale devono essere rispettati i limiti stabiliti in autorizzazione) e della convenienza dell'investimento.

Altre considerazioni che stanno alla base dell'installazione di un sistema di abbattimento sono, evidentemente, di tipo economico, e risiedono anche nella possibilità di riutilizzare nel processo l'eventuale calore prodotto da un sistema di abbattimento (quale un combustore). Ciò dipende dalla tipologia di lavorazioni e dalle modalità operative con le quali esse vengono svolte.

Il limite principale all'installazione di un sistema di abbattimento per le emissioni atmosferiche derivanti da lavorazioni effettuate su manufatti di dimensioni elevate (come ad esempio l'applicazione di vetroresina per la costruzione di grandi imbarcazioni) è rappresentato dagli elevati volumi di aria aspirata dalle zone di lavoro e inviata all'esterno: tale situazione richiede infatti, in caso di necessità, impianti di abbattimento di grandi dimensioni con un cospicuo costo di installazione e di mantenimento in esercizio. Nelle lavorazioni in cui l'applicazione e la polimerizzazione dei prodotti viene effettuata a temperatura ambiente, ovvero dove il ciclo

produttivo non ha esigenze termiche, non sussiste inoltre l'opportunità di riutilizzare nel processo il calore prodotto dal sistema di abbattimento.

Proprio alla luce di tali considerazioni un approccio di tipo preventivo, quale quello offerto dall'adozione di prodotti o sistemi produttivi "più puliti", risulta particolarmente conveniente laddove ci siano oggettive difficoltà all'installazione di sistemi di abbattimento poiché consente di eliminare o di diminuire le esigenze di depurazione andando a contenere a monte l'inquinamento prodotto.

7.2 ADSORBIMENTO

Campo di applicazione

Per la depurazione di un flusso di effluente aeriforme contenente COV possono essere usati filtri a carboni attivi, soprattutto quando è richiesto il recupero delle sostanze inquinanti o quando il loro trattamento con altre tecnologie di abbattimento risulta economicamente più oneroso, a parità di prestazioni.

I carboni attivi si rivelano particolarmente idonei nel trattamento di sostanze ad alto peso molecolare (> 40), con punto di ebollizione inferiore ai 150°C e di tipo non polare.

Descrizione del sistema di abbattimento

Il termine adsorbimento indica un processo tale per cui le molecole di una sostanza, presente in fase gassosa in un aeriforme, vengono attratte e tendono ad accumularsi sulla superficie di un solido, che viene considerato "attivo" nei loro confronti. Il processo fisico dell'adsorbimento sfrutta la proprietà di talune sostanze solide di legare con forze deboli (Van der Waals) molecole in fase gassosa o liquida.

I sistemi ad adsorbimento si basano sull'utilizzo di materiali microporosi che presentano proprietà adsorbenti nei confronti degli inquinanti presenti nell'aria. Esistono numerosi tipi di materiali e i più importanti dal punto di vista commerciale sono il gel di silice, l'allumina attivata, le zeoliti ed il carbone attivo.

I carboni attivi sono materiali microporosi di origine vegetale o minerale, caratterizzati da una elevata superficie specifica (fino a 1700 m^2/g), in grado di trattenere nei propri siti attivi, in modo selettivo, una vasta tipologia di molecole, con efficienze più o meno elevate.

Il carbone attivo può essere preparato a partire da numerose materie prime quali torba, legno, gusci di noce, ecc. e si può presentare sotto diverse forme:

- ✓ in polvere (usata soprattutto nel trattamento di liquidi);
- ✓ granulare (usata sia per liquidi che per gas);

- ✓ estruso (utilizzata prevalentemente nel trattamento di aeriformi).

Per quanto riguarda le sostanze presenti nelle emissioni legate alla lavorazione della vetroresina, si rileva che l'acetone è una sostanza nei confronti della quale i carboni attivi dimostrano una buona capacità di adsorbimento.

In un letto di carboni attivi il processo di adsorbimento procede per strati: prima vengono saturati gli strati più vicini all'ingresso dell'effluente aeriforme da trattare e poi quelli più lontani. Risulta così possibile individuare tre zone all'interno del letto, differenti per comportamento:

i. una zona di equilibrio (in cui si ha una effettiva saturazione dei carboni);
ii. una zona di riempimento;
iii. una zona non utilizzata (più prossima allo scarico).

Nella pratica operativa, il processo di adsorbimento è influenzato da numerosi fattori, suddivisibili in tre gruppi:

• tipo di sostanza da adsorbire (maggiori sono la temperatura di ebollizione e la densità, maggiormente vengono adsorbiti i composti);

• tipo di carbone attivo (distribuzione e dimensione dei pori influenzano la capacità di "catturare" le particelle inquinanti);

• condizioni di processo (l'efficienza di adsorbimento è maggiore: per basse velocità di attraversamento, per elevati tempi di contatto, in condizioni di umidità dell'effluente inferiori al 70%, a temperature inferiori ai 40°C, in assenza di sostanze che non riescono a venire desorbite e intasano i carboni).

Dal punto di vista impiantistico, i dispositivi a carboni attivi per la depurazione dell'aria si dividono in due categorie principali:

• a perdere;

• con rigenerazione annessa.

La "rigenerazione" è quel processo per cui il solvente precedentemente adsorbito viene estratto dal carbone e, se possibile, recuperato per essere riutilizzato. La rigenerazione serve per ripristinare le condizioni operative ottimali del carbone una volta raggiunto il grado di riempimento prestabilito.

I sistemi a perdere non recuperano in loco le sostanze adsorbite ma, una volta esausti, vengono inviati allo smaltimento o alla riattivazione esterna; per questo motivo vengono applicati a correnti con bassa concentrazione di inquinanti (<100 ppm).

Gli impianti con rigenerazione annessa possono essere di diverso tipo, a seconda delle particolari modalità con cui si svolge il ciclo adsorbimento-rigenerazione. Si possono distinguere, per quanto riguarda la caratterizzazione del ciclo di adsorbimento, unità che lavorano a pressione atmosferica oppure in pressione, mentre per la caratterizzazione del ciclo di rigenerazione, unità con desorbimento a mezzo vapore, gas inerte, vacuum o sistemi misti.

Relativamente al processo di rigenerazione dei carboni esistono tre tipologie impiantistiche principali:

- rigenerazione in corrente di vapore diretto;
- rigenerazione con gas inerte o aria calda;
- rigenerazione per differenza di pressione.

La scelta impiantistica dipende in gran parte dal tipo di sostanza (o di miscela) da trattare e dalle prestazioni richieste nel contenimento delle emissioni: per sostanze solubili in acqua è sconsigliabile la rigenerazione in corrente di vapore, mentre per sostanze infiammabili è da escludersi quella con aria calda; per sostanze altobollenti e/o poco volatili è preferibile sfruttare differenze di pressione elevate, mentre per sostanze volatili è sufficiente l'azione meccanica data dalla circolazione del fluido di servizio. L'utilizzo di gas inerte è in ogni caso preferibile in presenza di sostanze infiammabili.

Casi di applicazione nel settore della vetroresina

Adsorbimento su carboni attivi a letto fisso

Questa tecnologia ad oggi non risulta utilizzata in maniera significativa nel settore della VTR, ma le case fornitrici di impianti indicano, quale potenziale "capacità di adsorbimento" dei carboni attivi (peso dell'inquinante adsorbito rispetto al peso del carbone adsorbente), un valore compreso tra il 20% e il 50%, attestandosi indicativamente al 33% specificatamente per lo stirene.

Gli elementi impiantistici sono costituiti da due camere (letti) dotate di carboni attivi che lavorano in parallelo: quando una è in fase di adsorbimento l'altra si trova in fase di rigenerazione. I COV vengono trattati dopo essere passati in un condensatore.

Le condizioni standard in questo tipo di impianto sono caratterizzate da una velocità del flusso gassoso compresa tra i 1000 e i 3000 m/h, con una perdita di carico compresa tra 1,2 e 3.7 N/mq. La percentuale di abbattimento per i COV può raggiungere il 95%.

Adsorbimento su carboni attivi a letto fluidizzato

Questa tecnologia differisce dalla precedente a causa di un flusso di ricircolo della miscela gassosa contenente gli inquinanti che ha la funzione di trasportare le particelle di carbone attivo.

La società Molnbacka Industri, AB, svedese, ha eseguito nel 1994 un test della durata di 3 mesi in un impianto pilota, ottenendo un'efficienza di abbattimento del 98%, infatti il contenuto in stirene è passato da 70 ppm (in ingresso) a 1.4 ppm (in uscita).

Adsorbimento su pannelli di filtro a carbone attivo

Questa tecnologia viene usualmente utilizzata nel trattamento delle emissioni odorigene, ma esistono casi nell'industria FRP. Gli impianti risultano però, per emissioni ad alto contenuto di stirene, scarsamente convenienti dal punto di vista economico.

Il sistema è costituito da filtri in tessuto per polveri contenente carbone attivo granulare.

La Glastic Corporation (Ohio, USA) ha realizzato un impianto costituito da 20 sezioni filtranti, ciascuna costituita da 48 pannelli contenenti 14 kg di carbone attivo. La rigenerazione avviene una volta alla settimana.

Il flusso gassoso in ingresso è di 30.000 mc/h e la resa di adsorbimento risulta del 20% per ogni filtro.

Aspetti ambientali del sistema di abbattimento

Il processo di adsorbimento è caratterizzato da una elevata reversibilità (desorbimento), che permette di recuperare (per poi inviare allo smaltimento o al riutilizzo) la sostanza precedentemente adsorbita.

Fornitori

Airprotech S.r.l.
P.zza Vittorio Veneto ,8
20013 Magenta (MI)
Tel. : +39/029790466 + 39/029790364
Fax : +39/0297297483
e-mail : info@airprotech.it
www.airprotech.it

Satrel S.r.l.
Via Rapallo 3/c
43100 Parma

Tel.(0039) 0521-980938
Fax (0039) 0521-992323
e-mail: info@satrel.it
www.satrel.it

Vefim S.r.l.
Strada dell'alpo, 3
37136 Verona
tel. 045581913
www.vefim.it

Sveda S.r.l. Società Veneta Depuratori ed Affini
Via Cendon, 5
31057 SILEA (Treviso)
Tel. 0422-361960
Fax 0422-360517
www.sveda.com

Corain Impianti S.r.l.
Via Ferruccia, 40
03010 Patrica (FR)
Tel: +39 775 200.845
Fax: +39 775 200.804
www.corain.it

Expansion Electronic S.r.l.
Via delle industrie, 18
36050 Cartigliano (VI)
Tel. +39 0424 592400
Fax +39 0424 827061
www.expansion-electronic.com

Tecnospray
Via Strada del Mobile B, 7
33087 Pasiano di Pordenone (PN)
Tel. +39 0434 628605
Fax +39 0434 628659
www.tecnospray.com

Hascon S.r.l.
Via S.Bernardino, 131
20025 - LEGNANO (MI)
Tel. Uff. Comm. : 0331/527438
39 Fax : 0331/527474
www.hascon.it

NOVA VERTA International S.p.A.
Via Achille Grandi, 35/43/45
Arezzo
Tel. +39 0575 370245
Fax +39 0575 355014
E-mail novaverta@novaverta.it
www.novaverta.it

DEC IMPIANTI Group
Via Trento, 33
Passirana di RHO (MI)
Tel.: +39 02 93500.796
Fax: +39 02 93501.204
www.decimpianti.com

CMG impianti industriali
Via per Pontardeto, 27/29
55036 Pieve Fosciana - Lucca
Tel +39 0583 666613 – 666237
Fax +39 0583 666376
www.cmgimpianti.com

7.3 ROTOCONCENTRAZIONE

Campo di applicazione

La rotoconcentrazione è una tecnica di abbattimento che unisce in un unico sistema l'applicazione di due differenti principi chimico-fisici: l'adsorbimento e l'ossidazione termica di sostanze organiche in forma gassosa.

Il rotoconcentratore risulta particolarmente idoneo come sistema di abbattimento nel caso di effluenti aeriformi a portata elevata (> 5.000 Nm^3/h) e contenenti basse concentrazioni di COV (comprese tra 0,1 e 1 g/m^3) dato che in tali situazioni è possibile una riduzione dei costi di gestione e di investimento.

La rotoconcentrazione viene applicata con successo su sostanze facilmente degradabili per ossidazione termica, in particolare idrocarburi. Esistono in Europa casi di applicazione di questa tecnologia per l'abbattimento di stirene e di stirene - -butadiene.

Il materiale adsorbente comunemente utilizzato nei rotoconcentratori è la zeolite. Le zeoliti sono minerali naturali, di forma cristallina, presenti nelle rocce vulcaniche e nelle formazioni sedimentarie di antichi mari. Le zeoliti naturali sono costituite da idrati allumino-silicati di sodio, calcio, potassio o bario.

Le zeoliti naturali sono altamente idrofile e possiedono un'elevata capacità di adsorbire e desorbire l'acqua; caratteristica questa che permette di utilizzarle come efficienti materiali per la deumidificazione. Esse possiedono inoltre buone proprietà di scambio ionico. Le zeoliti assumono proprietà idrofobiche rimuovendo dalla struttura cristallina gli atomi di alluminio presenti e sostituendoli con altrettanti atomi di silicio; in questo modo viene impedita la formazione di ioni carichi elettricamente, che tendono a legarsi con le molecole d'acqua presenti nell'aria da trattare. Impedendo all'acqua di fermarsi nei pori, le zeoliti sono così in grado di adsorbire un certo numero di composti organici in funzione della dimensione dei pori in essi presenti (diametri variabili tra 3 e 8 Angstrom)[16]. Le molecole aventi diametro maggiore di 8 Angstrom non vengono adsorbite e oltrepassano il letto filtrante. Anche la polarità delle sostanze è uno dei parametri che influenza il processo di adsorbimento: minore è il momento di dipolo della molecola e maggiore è l'adsorbimento da parte della zeolite. Inoltre, minore è la solubilità in acqua delle sostanze, maggiore è la capacità di adsorbimento. Per questo motivo sostanze quali toluene, benzene, xilene vengono trattenute più facilmente di alcoli e chetoni.

Il processo di adsorbimento delle zeoliti si basa su forze fisiche di debole intensità (forze di Van der Waals) che attraggono le molecole organiche all'interno dei pori; la debole intensità di tali legami permette quindi un facile rilascio delle sostanze catturate se un sufficiente apporto di energia viene fornito al letto filtrante; tipicamente questo apporto viene fornito mediante un flusso di aria calda o gas inerte. Le sostanze rilasciate possono quindi essere inviate alla termodistruzione.

Descrizione del sistema di abbattimento

Il processo si svolge in due fasi:

[16] Analizzando i diametri delle molecole di acetone (4,3 Angstrom) e stirene (6,0 Angstrom), principali COV derivanti dalle lavorazioni della vetroresina, si può immediatamente capire che essi risultano compatibili con la tecnica descritta.

1) *adsorbimento* dei COV mediante appositi materiali adsorbenti all'interno dei quali le sostanze si accumulano;
2) *termodistruzione* dei COV mediante estrazione (*desorbimento*) con flusso d'aria ridotto rispetto alla portata di processo che consente di inviare al combustore flussi concentrati di COV. Ciò comporta un'ottimizzazione del processo termico sia in termini di dimensioni dell'impianto che di consumi energetici.

Dal punto di vista impiantistico, il cuore di un rotoconcentratore è la cosiddetta "ruota", una particolare struttura in fibra ceramica a nido d'ape ("honeycomb") sulla cui superficie viene depositata, per impregnazione, la zeolite. Il potere adsorbente di quest'ultima può essere incrementato in funzione del tipo di impregnante.

La ruota è suddivisa in tre settori (chiamati per comodità A = adsorbente, R = in raffreddamento, D = in desorbimento), ciascuno mantenuto ermeticamente separato dagli altri, per evitare possibili interferenze che ne pregiudicherebbero il corretto funzionamento. I migliori collanti utilizzati per le tenute sono anch'essi a base di silicati e/o alluminati (come le zeoliti), ignifughi e chimicamente inerti.

Il tipo di zeolite utilizzato, le dimensioni e le caratteristiche della ruota (in particolare la struttura dell'alveo della struttura di supporto) variano in funzione delle sostanze da abbattere e della portata d'aria da trattare.

Il principio di funzionamento di un rotoconcentratore è il seguente: l'aria da depurare, prima di raggiungere la ruota, mantenuta costantemente in rotazione attorno al proprio asse, viene filtrata per eliminare il più possibile il particolato in essa presente (che potrebbe ostruire i canali del supporto ceramico); dopo di che attraversa il settore A in adsorbimento e viene espulsa, depurata, direttamente in atmosfera, attraverso apposito camino.

La capacità operativa e l'efficienza di abbattimento del sistema sono funzione dei seguenti parametri:

- la velocità di rotazione;
- la temperatura dell'effluente;
- il tempo di contatto.

A causa del moto rotatorio, il filtro si carica di solvente con un gradiente di concentrazione crescente nella direzione del moto, meno carico in prossimità del settore R e più carico in avvicinamento al settore D; poiché l'aria attraversa il filtro in direzione perpendicolare allo stesso, sarà presente anche un gradiente di concentrazione all'interno dello spessore della ruota, decrescente in direzione del camino. Il primo gradiente descritto è quello che produce il grado di concentrazione dei COV funzionali al desorbimento; il secondo gradiente è quello che rende conto dell'efficienza di abbattimento del sistema.

Contemporaneamente alla fase di adsorbimento in A, il settore R viene raffreddato con aria (in taluni casi può anche essere utilizzato un gas inerte, se le condizioni di progetto lo rendessero necessario), prelevata direttamente dall'ambiente o derivante dal processo. In uscita dal settore R l'aria, che ha subito un parziale

preriscaldamento asportando il calore del materiale in raffreddamento, attraversa un riscaldatore, dove incrementa la sua temperatura fino al valore di progetto stabilito, al fine di operare il desorbimento dei COV contenuti nel settore D, sul quale viene successivamente inviata, generalmente in controcorrente rispetto all'adsorbimento.

Casi di applicazione nel settore della vetroresina

Esistono in Europa impianti per il controllo delle emissioni di stirene e di stirene-butadiene.

La Daikin ha realizzato in Giappone impianti per l'abbattimento di stirene con un flusso in entrata di alcune centinaia di ppm, che raggiungono un'efficienza superiore al 95%.

La Durr Industries Inc. su un impianto pilota in Michigan (USA) ha ottenuto, per flussi gassosi con una concentrazione di stirene di 150 ppm un'efficienza di abbattimento del 97%.

Aspetti ambientali del sistema di abbattimento

Tramite la fase di prefiltrazione dell'aria da depurare è possibile eliminare le polveri eventualmente presenti. La prefiltrazione si rende necessaria per evitare ostruzioni ed impaccamenti della ruota, che ne comprometterebbero le prestazioni; in caso di intasamento è sempre possibile, comunque, effettuare il lavaggio della ruota stessa, mediante spruzzo in pressione di soluzioni detergenti apposite.

Per quanto concerne le emissioni in atmosfera, se ne segnalano due tipologie: l'emissione proveniente dal settore della ruota in adsorbimento, contenente la percentuale di COV non trattenuta dalle zeoliti e l'emissione proveniente dal combustore, contenente i fumi ed i residui dell'ossidazione termica.

Il sistema di concentrazione degli inquinanti da inviare alla combustione consente una riduzione del consumo di combustibile necessario.

Fornitori

Airprotech S.r.l.

P.zza Vittorio Veneto ,8
20013 Magenta (MI)
Tel. : +39/029790466 + 39/029790364
Fax : +39/0297297483
e-mail : info@airprotech.it
www.airprotech.it

7.4 ABSORBIMENTO

Campo di applicazione

Il processo di absorbimento si può verificare in condizioni efficaci quando:

- liquido e sostanza inquinante sono reciprocamente solubili;
- esiste una superficie di contatto e di scambio, definita interfaccia, di ampie dimensioni, sulla quale possa avvenire il trasferimento dell'inquinante al liquido assorbente.

I liquidi più comunemente utilizzati sono:

- acqua, per le sostanze idrosolubili;
- oli di varia natura, per gli idrocarburi;
- soluzioni di differenti composti chimici, per i gas acidi.

Descrizione del sistema di abbattimento

Si intende per absorbimento quel processo che prevede l'abbattimento ad umido dei vapori di sostanze inquinanti e di particolato solido presenti in un aeriforme, mediante loro trasferimento selettivo in un liquido assorbente. La sostanza inquinante passa dalla fase gassosa a quella liquida per diffusione.

Questa tecnica è finalizzata a trasferire il maggior quantitativo possibile di inquinante dalla fase gassosa a quella liquida; compatibilmente con le caratteristiche chimico-fisiche dell'inquinante e del liquido assorbente e con la loro solubilità reciproca.

La disponibilità di un'ampia superficie di contatto viene fornita tramite torri di abbattimento verticali ("scrubber") in cui l'aeriforme viene introdotto in controcorrente rispetto all'alimentazione del liquido assorbente ed in cui sono presenti i cosiddetti "corpi di riempimento" atti ad ottimizzare lo scambio gas/liquido.

L'immissione del liquido assorbente generalmente avviene dall'alto in modo da sfruttare la forza di gravità per la sua raccolta sul fondo dell'impianto. Le torri di abbattimento si differenziano tra loro:

- per il modo in cui viene immesso il liquido (a spruzzo, a velo);
- per il tipo di riempimento (piatti, anelli,sfere, altri oggetti diversi per forme e materiali).

Il liquido assorbente viene raccolto sul fondo della torre e viene riutilizzato per alimentare la torre stessa, in un processo a circuito chiuso, fino a quando non raggiunge un livello di contaminazione oltre il quale l'efficienza di absorbimento cala. La durata di un ciclo di absorbimento dipende sia dalla scelta del liquido che dalle condizioni di processo (temperatura, concentrazione dell'inquinante, portata d'aria, etc.) ed ha termine una

volta che il liquido è ormai esausto e deve allora essere rigenerato (la tecnica rigenerativa dipende sostanzialmente dal tipo di liquido utilizzato).

Aspetti ambientali del sistema di abbattimento

Nella scelta del liquido per l'absorbimento è preferibile utilizzarne uno con elevata solubilità verso la sostanza da trattare, così da ottenere una riduzione dei volumi impiegati. Il liquido deve preferibilmente essere non volatile, non corrosivo, chimicamente stabile, non viscoso, non schiumogeno e, preferibilmente, non infiammabile. E' da tener presente infatti che, durante il processo di absorbimento, parte del liquido utilizzato per la depurazione evapora, venendo quindi inglobato dal flusso gassoso in trattamento e trasportato verso l'esterno.

In linea generale si può affermare che le principali problematiche connesse con l'utilizzo di questa tecnologia sono quelle relative alla gestione della temperatura di esercizio. Il calore liberato durante il trasferimento di massa tra gas e liquido va ad incrementare la temperatura dell'aeriforme durante la sua risalita verso il camino di scarico. Questo incremento di temperatura può avere alcuni effetti secondari quali:

- l'incremento della temperatura del liquido assorbente che l'aeriforme incontra nella risalita (con conseguente riduzione del valore del parametro solubilità e, quindi, delle prestazioni globali dell'impianto);
- la parziale rievaporazione del contaminante presente nel liquido absorbente, soprattutto quando quest'ultimo è prossimo alla saturazione (a scapito del contenuto di inquinanti delle emissioni):
- la parziale evaporazione del liquido absorbente con perdite che devono essere reintegrate (con possibile formazione emissioni inquinanti secondarie).

Fornitori

DEC IMPIANTI Group

Via Trento, 33
Passirana di RHO (MI)
Tel.: +39 02 93500.796
Fax: +39 02 93501.204
www.decimpianti.com

Airprotech S.r.l.

P.zza Vittorio Veneto ,8
20013 Magenta (MI)
Tel. : +39/029790466 + 39/029790364

Fax : +39/0297297483
e-mail : info@airprotech.it
www.airprotech.it

Corain Impianti S.r.l.
Via Ferruccia, 40
03010 Patrica (FR)
Tel: +39 775 200.845
Fax: +39 775 200.804
www.corain.it

7.5 BIOFILTRAZIONE

Campo di applicazione

Il processo depurativo per via biologica si basa sul trasferimento dei COV dall'effluente aeriforme, in cui sono contenuti, ad un solido mantenuto umido dove vengono degradati dai microorganismi in esso presenti. Il processo è aerobico ed esotermico e l'azione biochimica della popolazione microbica dà luogo alla conversione del contaminante in anidride carbonica, acqua, composti inorganici e biomassa.

I composti che si dimostrano più facilmente biodegradabili sono risultati essere:

- alcoli,
- eteri,
- aldeidi,
- chetoni,
- composti azotati,
- ammoniaca,
- alcuni composti aromatici monociclici.

La biodegradazione degli inquinanti difficilmente avviene ad opera di una singola specie di microorganismi; nella maggior parte dei casi essa è opera simultanea di differenti specie diverse tra loro metabolicamente e numericamente, in equilibrio simbiotico. Il numero di specie differenti presenti in un biofiltro dipende dal numero e dalla qualità delle sostanze presenti nell'effluente aeriforme ed è ad esse direttamente proporzionale.

Descrizione del sistema di abbattimento

Un biofiltro chiuso è costituito essenzialmente da:

- ✓ un corpo filtrante contenente il materiale di supporto e la popolazione microbica;
- ✓ un sistema di captazione e convogliamento delle emissioni provenienti dalle utenze;
- ✓ un dispositivo per il condizionamento dell'effluente aeriforme ed uno per la rimozione del particolato (entrambi posti a monte dei corpi filtranti;
- ✓ un sistema per la gestione del nutrimento e del percolato;
- ✓ un'apparecchiatura di comando e controllo del processo;
- ✓ un camino di scarico in atmosfera;
- ✓ un eventuale dispositivo per il raffreddamento dell'effluente aeriforme (posto a valle del corpo filtrante); l'acqua formatasi per condensazione dell'umidità presente nel dispositivo di raffreddamento viene spesso riutilizzata come acqua di reintegro.

L'effluente aeriforme, captato da apposito ventilatore, viene convogliato verso l'impianto di depurazione dove subisce una preliminare filtrazione dell'eventuale particolato presente ed un successivo condizionamento per il raggiungimento delle condizioni ottimali per lo sviluppo delle reazioni biologiche; l'effluente aeriforme attraversa quindi il corpo filtrante, dove subisce l'azione metabolica della popolazione microbica, con moto dal basso verso l'alto e ne fuoriesce, così trattato, per essere immesso direttamente in atmosfera (attraverso il camino di scarico) oppure, qualora contenesse ancora COV non biodegradati, per essere inviato ad un successivo impianto di abbattimento (carboni attivi, scrubber, altro).

Casi di applicazione nel settore della vetroresina

La Fiberform AB è una società svedese che lavora nel settore dei FRP e ha realizzato un impianto che utilizza un sistema integrato biofiltro / scambiatore di calore per l'abbattimento dello stirene, ottenendo un'efficienza dell'85%.

Anche una società olandese, la CVT Bioway ha testato biofiltri su un impianto pilota per l'abbattimento dello stirene. L'efficienza media ottenuta è stata del 90%.

Biotrikling Filter System

Questa tecnologia è stata applicata da un'industria chimica per l'abbattimento di flussi gassosi della portata di 3000 mc/h con concentrazione di stirene pari a 150 ppm, ottenendo un'efficienza del 50%. Questo sistema

prevede che i biofiltri aderiscano come biofilm su un materiale impaccato e degradino i contaminanti che passano in colonna.

Aspetti ambientali del sistema di abbattimento

Contemporaneamente al processo di abbattimento dei COV, l'impianto provvede anche alle operazioni di drenaggio e trattamento del percolato, di alimentazione del nutrimento per la popolazione microbica, di lavaggio del corpo filtrante.

Il nutrimento, immesso nel corpo filtrante assieme all'acqua di reintegro, deve contenere gli elementi fondamentali per la proliferazione della popolazione microbica (carbonio, azoto, fosforo, potassio e zolfo).

Per assicurare il mantenimento dell'efficienza di abbattimento è importante la scelta del materiale di supporto, sul quale viene insediata la popolazione microbica. Esso deve rispondere ai seguenti requisiti minimi: fornire le condizioni ambientali ottimali per la proliferazione della popolazione microbica residente; avere un'alta percentuale di sostanza organica; disporre di una elevata superficie; avere una struttura porosa e scabra; avere un odore proprio ridotto.

Fornitori

Corain Impianti S.r.l.
Via Ferruccia, 40
03010 Patrica (FR)
Tel: +39 775 200.845
Fax: +39 775 200.804
www.corain.it

Syntal Italia s.r.l.
Via Manzoni 184
27045 Casteggio (PV)
Tel. 0383-805046
Fax: 0383-890535
www.syntal-group.com

Entsorga Italia S.r.l.
Strada prov. per Castelnuovo S., 7
15057 Tortona
tel +39-0131-811383
fax +39-0131-873281

Idrodepurazione S.r.l.
Via Comina 39
I-20038 Seregno-Milano
Tel. +39 0362 2751.1
Fax +39 0362 2751.511
www.idrodepurazione.com

7.6 COMBUSTIONE

Campo di applicazione

La combustione è un processo chimico ossidativo in grado di trasformare i composti organici volatili inquinanti, presenti nell'effluente aeriforme, in prodotti a scarsa rilevanza o scarso impatto ambientale (tipicamente acqua ed anidride carbonica).

Il processo di combustione è un processo di abbattimento finale distruttivo, utilizzato soprattutto quando le sostanze trattate non possono essere recuperate tal quali, sia per la complessità tecnologica dell'operazione che per la sua antieconomicità, ma risulta più conveniente sfruttarne il contenuto calorico.

Descrizione del sistema di abbattimento

Nelle sue linee generali, il processo di combustione utilizzato per l'abbattimento dei COV ed il contenimento delle emissioni atmosferiche industriali avviene in un volume confinato (non in contatto con l'ambiente esterno) e può essere di due tipi:

- *termico* - la trasformazione dell'inquinante avviene a temperatura elevata (> 760°C);
- *catalitico* - la temperatura di processo è più bassa (< 600°C), grazie all'impiego di un catalizzatore.

Nel processo di combustione l'effluente aeriforme inquinato viene riscaldato ed inviato alla camera di combustione, nella quale raggiunge la temperatura di combustione sia attraverso l'energia termica rilasciata dalla reazione di combustione stessa sia tramite l'eventuale apporto di un combustibile ausiliario. Una volta ossidati i COV in esso presenti, l'effluente aeriforme può essere scaricato tal quale in atmosfera, oppure può necessitare di un ulteriore trattamento qualora contenesse inquinanti da combustione in quantità non ammesse dalla legislazione vigente.

Dal punto di vista tecnologico, gli impianti di combustione si differenziano tra termici e catalitici, recuperativi o rigenerativi; la combinazione di queste tecniche fornisce quattro tipologie di combustori:

a) il *combustore termico recuperativo*, essenzialmente costituito da: una camera di combustione, all'ingresso della quale è posizionato un bruciatore che innesca e coadiuva il processo di ossidazione dei COV; uno scambiatore di calore primario (preriscaldatore), il cui scopo è quello di recuperare parzialmente il calore prodotto dalla combustione e riutilizzarlo per il riscaldamento dell'effluente aeriforme; un camino per lo scarico in atmosfera dell'effluente aeriforme trattato; uno o più eventuali scambiatori di calore per il recupero del calore in eccesso presente nei fumi;
b) il *combustore termico rigenerativo,* in cui lo scambiatore di calore primario viene sostituito da due o più letti di riempimento in materiale ad elevata capacità termica, che permettono un recupero più spinto del calore prodotto dalla combustione. Il funzionamento dell'impianto prevede che un letto di riempimento, posto a monte della camera di combustione, operi da preriscaldatore dell'effluente aeriforme mentre l'altro, posto a valle della camera di combustione, operi da recuperatore del calore prodotto dalla ossidazione dei COV. A tempi prestabiliti, le funzioni dei due letti vengono invertite;
c) il *combustore catalitico recuperativo*, essenzialmente costituito dagli stessi elementi del combustore termico recuperativi ma dove nella camera di combustione è posto un letto di materiale catalitico (a base di metalli nobili e/o ossidi metallici), che permette l'innesco ed il completamento della combustione a temperature minori di quelle di autocombustione proprie dei COV presenti nell'effluente aeriforme;
d) il *combustore catalitico rigenerativo*, funzionante come il combustore termico rigenerativo ma con combustione delle sostanze inquinanti che avviene sui letti di catalizzatore.

Casi di applicazione nel settore della vetroresina

La Cor Tec (Ohio, USA) ha utilizzato un combustore catalitico per trattare flussi gassosi con un contenuto di stirene di 250 ppm e una portata di 9000 mc/h. Agendo ad una temperatura compresa tra i 300°C e i 400°C l'efficienza di abbattimento si è dimostrata del 98%.

Aspetti ambientali del sistema di abbattimento

L'effluente aeriforme in uscita dalla camera di combustione possiede ancora un'elevata energia termica, perciò viene generalmente raffreddato; il calore asportato viene riutilizzato innanzitutto per riscaldare l'effluente aeriforme in ingresso al combustore ed inoltre (in modo da contenere i consumi energetici) per

eventuali altre applicazioni (riscaldamento di ambienti, produzione di acqua calda o di vapore a bassa pressione, altro).

Fornitori

Syntal Italia s.r.l.
Via Manzoni 184
27045 Casteggio (PV)
Tel. 0383-805046
Fax: 0383-890535
www.syntal-group.com

Airprotech S.r.l.
P.zza Vittorio Veneto ,8
20013 Magenta (MI)
Tel. : +39/029790466 + 39/029790364
Fax : +39/0297297483
e-mail : info@airprotech.it
www.airprotech.it

Deparia Engineering S.r.l.
Corso Europa, 121
23801 CALOLZIOCORTE (LC)
tel. ++39 0341 630911
fax ++39 0341 633065
www.deparia.com

Tecnochimica Sassolese S.r.l.
Via Quattro Passi 58/64
41043 Formigine (Modena)
Tel. +39 059 572606
Fax. +39 059 572458
www.tecnosas.com

CMG impianti industriali
Via per Pontardeto, 27/29
55036 Pieve Fosciana - Lucca
Tel +39 0583 666613 – 666237
Fax +39 0583 666376
www.cmgimpianti.com

7.7 CONDENSAZIONE

Campo di applicazione

Si tratta di una tecnologia non usata generalmente per il trattamento dello stirene, anche se esistono recenti casi di applicazione. Essa risulta conveniente per elevate concentrazioni di inquinante nel fluido aeriforme.

Descrizione del sistema di abbattimento

Il principio sul quale si basa questa tipologia di processo risiede nel portare i COV alla temperatura di saturazione (*punto di rugiada*), causandone la condensazione. Il dispositivo di refrigerazione utilizzato prevede in dotazione un sistema di pompe, serbatoi di stoccaggio, pannelli di controllo e condensatori di vapore.
Si tratta di una tecnologia per il recupero delle emissioni di COV, volta al riutilizzo del solvente condensato.
Il sistema più comunemente utilizzato è uno scambiatore a fascio tubiero in cui scorrono in controcorrente i flussi di azoto liquido (-196 °C) e di COV; questi ultimi si condensano lungo le pareti esterne dei tubi in cui passa l'azoto e drenano in una vasca di raccoglimento da cui possono essere recuperati per il riutilizzo.
Per eliminare i problemi derivanti dalla presenza di umidità che può congelare sulla superficie dei tubi, sono adottate diverse soluzioni:

- utilizzo di due condensatori che lavorano in alternanza (funzionamento/scongelamento);
- impiego di condensatori in serie nei quali il raffreddamento avviene gradualmente e l'acqua si separa nei primi stadi.

La quantità di COV recuperata è direttamente proporzionale alla percentuale (espressa attraverso la pressione parziale) di COV presente nei vapori. Questa tecnica di recupero permette di ridurre in modo consistente le emissioni atmosferiche contenenti COV e non si creano inquinamenti secondari (emissioni, reflui, etc.).
Gli impianti possono essere:

- a singolo stadio;

- multistadio.

I primi realizzano temperature comprese tra gli 8°C e i -29°C, mentre i secondi tra i -23°C e i -73°C. L'efficienza di abbattimento dipende: dalla temperatura operativa, dalla curva di saturazione di vapore dello stirene e dalla sua concentrazione nel fluido in ingresso.

Il valore teorico dell'efficienza di abbattimento per un aeriforme in ingresso in un'unità a singolo stadio che presenti una concentrazione di stirene pari a 500 ppm ad una temperatura di – 23°C è del 28,6%.

Aspetti ambientali del sistema di abbattimento

Questo sistema non prevede la formazione di ulteriori inquinanti in atmosfera, ma lo stirene recuperato in alcuni casi può non essere riutilizzabile.

7.8 FOTOOSSIDAZIONE

Campo di applicazione

I casi applicativi esistenti sono relativi a flussi aeriformi contenenti COV caratterizzati da alte portate. In linea generale le condizioni operative prevedono una temperatura compresa tra -1°C e 66°C. Non risulta però dimostrata la capacità di rimozione dello stirene per i processi di fotoossidazione / ozonizzazione.

Descrizione del sistema di abbattimento

Il processo si basa sull'utilizzo di raggi ultravioletti e può essere ricondotto ad i seguenti step:

- filtrazione per rimozione del materiale particellare;
- trattamento con luce ultravioletta ed ozono (preossidazione);
- assorbimento dei COV in acqua tramite scrubber;
- trattamento del liquido con ozono;
- trattamento del gas sui carboni attivi per rimozione dei COV residui;
- rigenerazione dei carboni attivi con ozono ed eliminazione dei COV adsorbiti.

Aspetti ambientali del sistema di abbattimento

Questo tipo di processo produce, come reflui, acqua ed anidride carbonica, perciò non comporta l'emissione di inquinanti secondari.

7.9 SISTEMI A MEMBRANE

Campo di applicazione

La tecnologia risulta particolarmente indicata per il trattamento di miscele gassose concentrate (concentrazione di COV > 1000 ppm). La metodologia di recupero dello stirene ne consente il riutilizzo.
Per un appropriato funzionamento del sistema i materiali costituenti le membrane devono essere selettivi nei confronti dello stirene e, in generale, dei COV presenti nell'aria.

Descrizione del sistema di abbattimento

Il sistema contempla due sezioni, una di compressione/condensazione ed una di separazione mediante membrane. La massa aeriforme viene prima sottoposta a pressioni di 10^5 - 10^6 N/mq e poi raffreddata in un condensatore (una parte dei composti organici condensati può venire riutilizzata). La parte non condensata passa (grazie al mantenimento di idonea differenza di pressione[17]) attraverso la membrana selettiva e si formano così due correnti gassose: una carica di COV che viene reimmessa nel condensatore ed una depurata destinata all'esterno.

Aspetti ambientali del sistema di abbattimento

Questo tipo di processo non comporta l'emissione di inquinanti che richiedano trattamenti secondari. E' ancora da testare la qualità dello stirene recuperato attraverso i sistemi a membrane; qualora essa soddisfi i requisiti richiesti per permetterne un reimpiego nella formulazione di nuove resine si ottiene un risparmio di sostanze vergini.

Fornitori

Crami Amalfilter Group S.r.l.
Viale E.Caldara,9
20122 Milano

[17] La pressione del flusso sul lato di alimentazione deve essere superiore rispetto a quella sul lato in uscita.

Tel 025463264 - 025453596
Fax 025450649
www.crami.it

7.10 OSSIDAZIONE FOTOCATALITICA

Campo di applicazione

Si tratta di una tecnologia molto recente attualmente rivelatasi efficace per composti quali acetone, 1-butanolo, aldeide butirrica e formaldeide, ma che non è ancora stata testata sullo stirene.

Descrizione del sistema di abbattimento

Il principio sul quale si fonda questa tecnica consiste nell'irradiare un semiconduttore, il quale funge da catalizzatore per la reazione chimica di ossidazione, che avviene a temperatura ambiente. L'irradiazione si verifica mediante raggi ultravioletti che colpiscono superfici attivate di alcuni ossidi metallici o solfuri. Tale ossidazione converte i COV in anidride carbonica e acqua. La percentuale di conversione può essere aumentata mediante l'aggiunta di composti clorurati come l'1,1,3 tricloroprene, il percloroprene o tricoloroetilene.

Aspetti ambientali del sistema di abbattimento

L'ossidazione dei COV, sviluppando acqua, può comportare la produzione di reflui liquidi che richiedono a loro volta un trattamento secondario.
In alcuni casi può richiedere l'uso di sostanze pericolose (composti clorurati usati per aumentare la conversione del processo di ossidazione).

Fornitori

Airprotech S.r.l.
P.zza Vittorio Veneto ,8
20013 Magenta (MI)
Tel. : +39/029790466 + 39/029790364
Fax : +39/0297297483
e-mail : info@airprotech.it
www.airprotech.it

7.11 ABBATTIMENTO DELL'OVERSPRAY

Campo di applicazione

Questo tipo di problematica è relativa a tutte le applicazioni di prodotti a spruzzo (vernici in polvere, a solvente, resine, etc.), siano esse eseguite manualmente o tramite automazione del processo. In particolare verranno di seguito descritte le caratteristiche dei sistemi di abbattimento adottate durante le operazioni di spruzzo in cabina.

Descrizione del sistema di abbattimento

Abbattimento overspray a secco

Le ultime tipologie di cabine a secco hanno in comune la caratteristica di avere filtri montati direttamente esposti verso la zona di applicazione del prodotto e di estendersi per la quasi totalità della superficie frontale utile della cabina.

Questo ha notevolmente aumentato la superficie filtrante effettivamente disponibile, con enormi vantaggi in termini di:

- frequenza di sostituzione dei filtri;
- facilità di accesso per il montaggio e lo smontaggio dei pannelli filtranti;
- aspirazione costante su tutto il filtro.

L'efficienza di filtrazione in alcuni casi viene garantita dai costruttori di filtri come ampiamente sufficiente a rispettare i limiti previsti dalla legge. La tipologia costruttiva dei mezzi filtranti più moderni prevede una struttura con uno o più prefiltri iniziali con carta o cartone speciale, accoppiati ad un materassino finale a fibre lunghe "non tessute" o resine poliesteri, frutto della più recente ricerca.

Abbattimento overspray a umido

Le ultime tipologie di cabine ad acqua, pur nelle diverse realizzazioni, hanno in comune:

- la completa assenza di un elemento filtrante "usa e getta", tipico delle realizzazioni più tradizionali e necessario per mantenere le emissioni di overspray all'esterno al di sotto del limite normativo per il materiale particellare;
- il velo frontale con doppia aspirazione.

Oltre a questo sono normalmente presenti altri accorgimenti tesi a rendere meno frequenti e notevolmente più spediti gli interventi di pulizia e manutenzione come:

- le tubazioni acqua e le vaschette autopulenti;
- i veli sollevabili con cilindri a carica di gas;
- la vasca di contenimento dell'acqua con scivolo lavato;
- il defangatore che consente di mantenere pulita la vasca di raccolta dell'acqua;
- il serbatoio di accumulo e pompaggio in posizione anteriore e quindi facilmente accessibile.

Per evitare l'installazione di filtri a valle del velo d'acqua, il sistema più frequentemente usato è costituito da un letto filtrante "dinamico", cioè costituito da elementi in grado di muoversi ed essere lavati in continuazione da getti di acqua in pressione (turbolenza di sfere, tubi rotanti, corpi di riempimento).
Tale sistema di filtrazione consente efficienze di abbattimento ben superiori al limite previsto per le polveri dal DM 12/7/90, ma soprattutto non richiede la sostituzione dei pezzi di consumo.

Abbattimento con sistema a griglia

Una tecnologia di abbattimento poco usata e sconsigliata è il cosiddetto sistema a griglia. I sistemi a griglia si trovano nelle cappe di aspirazione o nelle cabine aperte di basso costo. Sono costituiti da un insieme di lamierini metallici sui quali l'overspray in eccesso viene in parte fermato. Una parte però si deposita più lontano nel settore di aspirazione, sulle pale del ventilatore, e viene immessa nell'atmosfera esterna contribuendo così all'inquinamento ambientale. La saturazione delle lamiere del doppio fondo e dei condotti è molto rapida. L'efficacia iniziale di aspirazione diminuisce velocemente se non viene effettuata una frequente pulizia. Inoltre, l'accumulo delle vernici crea un rischio di incendio in tutti i condotti incrostati. Per questo tali sistemi sono sconsigliati.

Aspetti ambientali e criteri di sicurezza relativi al sistema di abbattimento

Le operazioni di applicazione di vernici, colle e resine, e le connesse attività di pulizia delle apparecchiature, comportano la produzione di alcuni scarti che possono essere recuperati piuttosto che destinarli allo smaltimento. Sono infatti disponibili sistemi in grado di:

- recuperare l'overspray;
- rigenerare i solventi esausti impiegati per le operazioni di pulizia.

Le soluzioni idonee alla raccolta e al riutilizzo dell'overspray prevedono l'installazione di nastri in continuo sui quali viene raccolto l'eccesso di prodotto spruzzato e da cui si provvede ad asportarlo per poterlo reimpiegare in nuovi cicli di applicazione[18].

I solventi esausti, infine, possono essere rigenerati e quindi nuovamente utilizzati, grazie ad un processo di distillazione che può essere notevolmente agevolato se si realizza sottovuoto (in quanto, in questo modo, si richiede un riscaldamento più blando per ottenere l'evaporazione dei solventi). La distillazione permette inoltre un frazionamento dei vari tipi di solventi (nel caso in cui la rigenerazione interessi una miscela di prodotti) e la formazione di un residuo secco (lo "sporco" rimosso dai solventi durante i lavaggi) da smaltire come rifiuto assimilabile ai prodotti polimerizzati.

La ventilazione connessa alle cabine di applicazione dei prodotti, in relazione alla prevenzione dei rischi di intossicazione degli operatori (si veda a tal proposito la bozza di norma pr EN 12215) deve rispondere a determinati parametri e deve essere mantenuta costante nel tempo.

Questo comporta che la sezione filtrante mantenga le stesse caratteristiche in ogni punto ed in ogni istante per mantenere la portata di aria di progetto. Il filtro "usa e getta" sotto questo aspetto parte decisamente perdente perché si intasa in continuazione ed in modo non uniforme. Questo vale tanto per le cabine a secco quanto per le cabine a velo d'acqua con filtro finale a materassino.

Il rischio di incendio esiste nei punti di accumulo del prodotto disperso durante l'applicazione, quando questo è di tipo infiammabile o addirittura con pericolo di autocombustione (es. vernici tixotropiche a solvente per la verniciatura in verticale delle finestre nel settore legno). Anche sotto questo aspetto il filtro usa e getta costituisce il rischio principale, in quanto per progetto è il maggior punto di accumulo del prodotto applicato in eccesso. Anche questo vale sia per le cabine a secco, sia per le cabine a velo d'acqua con filtro finale a materassino. Le misure per ridurre questi due rischi consistono nell'adottare un tipo di filtrazione "autopulente" o rinnovabile con continuità e nell'impedire che il residuo di prodotto sia in condizione di potersi incendiare. Una moderna cabina a velo d'acqua è maggiormente in grado di soddisfare questi requisiti rispetto ad una cabina a secco. Esistono inoltre sistemi di spruzzatura temporizzati, applicati alle cabine ad acqua, che

[18] In particolare, nel campo della verniciatura del legno, le vernici poliuretaniche bicomponenti coagulate possono essere recuperate attraverso un meccanismo che le trasforma in un primo momento in sistemi monocomponenti, come prodotti vernicianti da forno di elevata qualità o come componenti poliolo nelle vernici poliuretaniche bicomponenti.

possono ridurre i rischi di incendio. Tali sistemi possono essere facilmente applicati anche alle cabine a secco.

Esiste anche la possibilità di aumentare la vita dei filtri a secco adottando ventilatori ad alta prevalenza cioè in grado di far fronte al progressivo intasamento del filtro: quanto maggiore è la prevalenza del ventilatore tanto maggiore sarà la durata in servizio del filtro.

Questo comporta, però:

- un volume di aspirazione esagerato a filtro nuovo;
- Una velocità dell'aria eccessiva, cioè antieconomica, dannosa per l'operatore e pericolosamente vicina ai limiti tollerabili di rumorosità.

Fornitori

Vefim S.r.l.
Strada dell'alpo, 3
37136 Verona
tel. 045581913
www.vefim.it

8 TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA DEI LAVORATORI

L'obiettivo di salvaguardare la salute dei lavoratori, oltre che l'ambiente, grazie alle soluzioni tecnologiche e ai prodotti innovativi presenti sul mercato, si è ormai coniugato con un risultato di tipo economico poiché l'approccio preventivo consente di tagliare, o quantomeno di ridurre, alcune voci di costo legate ai prodotti e alle tecnologie "tradizionali" come, ad esempio, le spese per l'abbattimento delle emissioni, i sistemi di protezione dei lavoratori e il costo per lo smaltimento dei rifiuti.

La riduzione dei rischi per l'uomo e dei costi ad essi connessi, nei settori di lavorazione analizzati, può essere ottenuta agendo convenientemente a monte, impiegando in tutti i casi in cui ciò sia possibile, prodotti (vernici, resine o adesivi) con basso o nullo contenuto di solvente o con formulazioni a ridotta presenza di altre sostanze pericolose.

Qualora, per il tipo specifico di produzione effettuata o di materiali utilizzati, non sia tecnicamente possibile ricorrere a prodotti "più puliti" e "più sicuri" per l'utilizzatore, è necessario tutelare gli operatori mediante opportune tecniche di sicurezza, basate essenzialmente su sistemi di captazione delle emissioni nocive (applicabili tanto per le operazioni di applicazione di vernici e resine quanto per quelle di incollaggio o per le fasi di essiccazione/indurimento).

Fino ad oggi la scelta delle tecnologie più sicure per gli utilizzatori aveva pochi punti di riferimento. Con l'avvento della Direttive Macchine, recepita in Italia con il DPR 459/96, e la conseguente introduzione "Marcatura CE", le garanzie per chi acquista qualsiasi tipo di macchina sono decisamente aumentate. Anche l'utilizzatore è responsabile nel caso di "incauto acquisto", quando la macchina usata presenta vizi palesi (quei difetti che sono così evidenti da essere notati da chiunque).

8.1 IL MARCHIO CE PER CABINE, SISTEMI A SPRUZZO E FORNI DI ESSICCAZIONE

Il comitato tecnico 271, facente parte del CEN, l'ente di normazione europeo, ha normato l'uso delle pistole, le apparecchiature di spruzzatura, gli impianti e le cabine in cui si svolgono le operazioni di applicazione e i forni di essiccazione. Lo scopo è quello di avere una norma specifica per ogni tipo di macchina o apparecchiatura che deve essere obbligatoriamente marcata CE.

La marcatura CE e il D.Lgs. 626/94 (e s.m.i.) sulla sicurezza dei lavoratori ribadiscono che "le macchine devono essere costruite in modo sicuro". Le macchine sicure sono quelle progettate e costruite secondo le indicazioni delle norme di sicurezza e, per quanto riguarda le cabine in particolare, le norme sono le seguenti:

- UNI 9941 (italiana)
- Pr EN 12215 (progetto europeo quasi definitivo).

La legge italiana obbliga i costruttori ad apporre la marcatura CE, ma è consigliabile richiedere espressamente anche la conformità delle cabine ad almeno una delle due suindicate norme che demandano espressamente alla prevenzione rischi.

E' fondamentale far dichiarare al costruttore l'efficienza di abbattimento del sistema di filtrazione e, per le cabine a secco, la quantità massima di prodotto che il filtro può trattenere (kg/mq) prima che si verifichi una perdita di efficienza nell'aspirazione dovuta all'accumulo di overspray sul sistema filtrante.

La grandezza che varia in modo da rendere, oltre certi valori, non più sicura la cabina, è la perdita di carico, cioè la resistenza che il filtro oppone al passaggio dell'aria e che si misura in Pascal (Pa) o in mm di colonna d'acqua (mm cda).

Ogni ventilatore ha la sua curva caratteristica e quindi il rapporto tra perdita di carico del filtro e portata d'aria è un parametro specifico di ogni singola installazione.

Pertanto quello che il costruttore deve dichiarare è la perdita di carico del filtro oltre la quale la velocità di aspirazione scende al di sotto del limite inferiore preso come riferimento. E' inoltre necessario predisporre un segnale sonoro o visivo che entri in funzione in occasione dell'intasamento del filtro a causa della perdita di carico.

Per le cabine a secco si hanno specifiche schede tecniche dei diversi tipi di filtri che indicano la capacità di filtrazione e la capacità di accumulo di overspray sul filtro (accumulo per metro quadro) senza che il sistema perda la sua efficienza di aspirazione.

L'applicazione delle nuove norme di sicurezza sulle operazioni di applicazione dei prodotti avrà i seguenti effetti:

- chi acquista una macchina a norma (priva di vizi palesi) avrà la certezza di lavorare secondo i principi di sicurezza anche nel caso di controllo da parte degli enti competenti, in caso di incidenti spetterà al costruttore dimostrare di avere progettato la macchina tenendo conto di tutti i rischi possibili e dei modi per prevenirli;
- in caso di incidente, la mancanza di marchio CE comporterà la responsabilità civile e penale dell'utilizzatore;
- contrariamente a quanto fino ad ora accaduto qualsiasi manomissione o modifica della macchina verrà facilmente verificata e quindi anche le responsabilità potranno essere addebitate con precisione;

- il datore di lavoro ha l'obbligo di fare utilizzare ai suoi dipendenti macchine sicure (e quindi dotate dal marchio CE) ai sensi del D.Lgs. 626/94, adottando tutte le precauzioni indicate nell'apposito libretto d'uso e manutenzione. Il costruttore deve indicare nel manuale di istruzioni con quali tipi di vernici la cabina può essere impiegata.

8.2 LE ZONE PER L'APPLICAZIONE DEI PRODOTTI

Le lavorazioni che prevedono l'applicazione a spruzzo di sostanze quali vernici, resine o adesivi vengono effettuate all'interno di apposite cabine dotate di sistemi di aspirazione dei vapori e di abbattimento delle particelle di overspray.

L'obiettivo minimo che una cabina deve raggiungere è il mantenimento della salubrità nell'ambiente di lavoro, sia nella zona di lavoro che nei reparti limitrofi.
Per raggiungere questo scopo è necessario anzitutto restare al di sotto dei valori limite di concentrazione delle sostanza pericolose nell'aria (TLV) che, pur non essendo vincolanti, rappresentano un primo indice di controllo. Per ridurre al minimo il contatto con le sostanze chimiche più o meno pericolose impiegate, i criteri UNI 9941 e pr EN 12215 rappresentano un valido riferimento.
Quando l'operatore lavora in una cabina, la ventilazione dovrebbe essere sufficientemente efficace affinché non sia necessario utilizzare apparecchi di protezione respiratoria. Egli non deve mai trovarsi nel flusso di aria inquinata, per questo devono essere rispettate alcune condizioni:

- l'oggetto da trattare deve essere sempre posto tra l'operatore e il dispositivo di aspirazione;
- in caso di sistemi di spruzzatura che impiegano aria compressa, la pressione non deve essere mai maggiore di quella raccomandata dal costruttore della pistola, al fine di ridurre per quanto possibile la quantità di overspray e di conseguenza l'inquinamento dell'aria;
- con alcuni pezzi (es. mobili montati), l'overspray tende a ritornare verso il verniciatore, bisogna quindi eliminare o ridurre questo rischio con un migliore orientamento del pezzo o con l'impiego di particolari tecniche di ventilazione o spruzzatura;
- per pezzi ingombranti l'operatore non deve essere costretto a girare attorno al manufatto, poiché ciò lo porterebbe inevitabilmente a porsi nel flusso d'aria, ma il pezzo deve essere montato su un supporto girevole (ralla di spinta). Tale precauzione non risulta onerosa per l'impresa in virtù dell'esiguo costo del cuscinetto.

Nel caso sia impossibile porsi nelle condizioni sopradescritte bisognerà dotare l'operatore di adeguati dispositivi di protezione (maschere specifiche per il tipo di prodotto in uso).
Nelle cabine senza operatore il rischio di inalazione esiste solo quando l'operatore deve entrare all'interno della cabina per la manutenzione, la regolazione o il controllo.
La postazione di lavoro può essere una cabina aperta o chiusa (pressurizzata o compensata).
Pressurizzare o compensare una cabina significa semplicemente fare entrare aria da una parte per riequilibrare quella che esce, in modo da garantire un'aerazione ottimale. La differenza tra i due sistemi non sta quindi nella quantità di aria inviata nella cabine, bensì nella velocità con cui essa circola. La pressurizzazione serve per lavorare senza polvere e comporta velocità inferiori rispetto al compensatore.
Si sceglie l'una o l'altra soluzione a seconda della dimensione e del peso degli oggetti, della frequenza e cadenza dei lavori della qualità di finitura richiesta e degli spazi disponibili: per tutte queste installazioni è necessario disporre di un adeguato ricambio d'aria, assicurando così il comfort fisiologico dell'operatore.

Direzione del flusso d'aria

Il flusso d'aria deve essere omogeneo su tutta l'area di lavoro dell'operatore e la sua direzione deve evitargli di venire a contatto con sostanze pericolose. Deve essere evitata l'uscita di aria contenente solventi in quantità o concentrazioni pericolose, dalla cabina verso l'ambiente di lavoro circostante. Quando all'operatore è richiesto il movimento costante intorno al pezzo posizionato in un punto fisso, la ventilazione dovrebbe essere verticale. Le dimensioni di lunghezza e larghezza delle cabine con operatore con flusso verticale, dovrebbero essere superiori almeno di 1 m in ogni direzione rispetto alla dimensione massima del pezzo da trattare (che deve essere indicata dal costruttore sul manuale di istruzioni). Nelle cabine ventilate verticalmente il flusso di aria dovrebbe essere diretto verso il basso, salvo eccezioni per casi particolari, come ad esempio la spruzzatura su parti con cavità dove il movimento del flusso d'aria risulta complesso. In tali casi bisogna indossare un dispositivo individuale di protezione per la respirazione.

Velocità dell'aria: requisiti principali delle cabine per operazioni manuali

La velocità d'aria deve essere misurata a cabina completamente vuota e la misurazione deve risultare almeno di 0,30 m/sec in tutti i punti di rilevazione relativi alle postazioni di lavoro.
Per le cabine chiuse a ventilazione verticale i valori delle misurazioni puntuali devono essere almeno di 0,25 m/sec. per le cabine aperte in alto i valori delle misurazioni puntuali devono essere almeno di 0,25 m/sec; per le cabine chiuse a ventilazione orizzontale i valori delle misurazioni puntuali devono essere almeno di 0,25

m/sec; per le cabine aperte frontalmente la media delle misurazioni della velocità d'aria deve essere almeno di 0,50 m/sec e i valori delle misurazioni puntuali devono essere di almeno 0,40 m/sec.
Comunque è opportuno non eccedere in quanto velocità troppo elevate comportano alterazioni microclimatiche causa di eccessivo raffreddamento dell'operatore.

8.2.1 Cabine aperte

In questo tipo di cabine l'operatore è all'interno e dirige il getto della sua pistola verso la parete posteriore della cabina equipaggiata da un filtro a secco o da un velo d'acqua e da uno o più aperture d'aspirazione dell'aria inquinata. Quando la cabina è utilizzata in un catena automatica le pareti laterali possono presentare dei tagli con la forma degli oggetti sospesi alla catena di trasporto. Questa forma deve avere una superficie ridotta al minimo, per influenzare il meno possibile la ventilazione. Quando l'oggetto deve essere trattato su tutti i lati deve poter ruotare, in modo che l'operatore non debba girargli intorno e non possa, quindi, inalare l'overspray di prodotto applicato quando si trova tra l'oggetto e la parete aspirante. Il soffitto della cabina dovrebbe essere almeno 0,3 m al di sopra dell'oggetto da trattare. La cabina dovrebbe essere larga almeno 1,20 m più dell'oggetto da trattare. La profondità della cabina e la distanza tra l'operatore e il pezzo devono essere sufficienti affinché l'overspray non esca dalla cabina. La superficie del velo d'acqua o del filtro a secco deve essere proporzionale con quella dell'oggetto da trattare, affinché l'overspray sia totalmente raccolto in fondo alla cabina. Quando i pezzi sono trasportati automaticamente, la larghezza della cabina deve essere determinata sia dalla velocità massima di passaggio, che dal tempo di applicazione di vernice, colla o resina. Una cabina non sufficientemente larga obbliga l'operatore a spruzzare in direzione delle aperture di passaggio dei pezzi. Una parte dell'overspray uscirà quindi nell'ambiente di lavoro inquinando l'atmosfera. Quando per un oggetto sono previste applicazioni su tutti i lati sono possibili diverse soluzioni:

- la profondità della cabina deve permettere la rotazione del pezzo che è piazzato su un supporto girevole o appeso a un dispositivo rotante;
- si applica il prodotto con sistemi elettrostatici, in questo modo l'overspray ricopre completamente il pezzo, a condizione che il suo volume sia ridotto;
- in un'installazione automatica, dove si fanno alte produzioni, si possono utilizzare due cabine adiacenti, occupate ciascuna da un operatore piazzato da una parte e dall'altra della catena.

Direzione dell'aria

La ventilazione dovrebbe essere approssimativamente orizzontale. Si dovrà cercare di mettere gli oggetti da trattare ad un'altezza tale che l'apertura di aspirazione si trovi nella direzione del getto di spruzzatura, per evitare che l'overspray in eccesso esca dalla cabina. Le cabine a più feritoie verticali o orizzontali, assicurano una ventilazione più omogenea, meglio distribuita e quindi più efficace.

8.2.2 Cabine chiuse

Una cabina chiusa è un'area ventilata chiusa su tutti i lati durante l'utilizzo. L'operatore e l'oggetto sono all'interno. Vengono installate sempre più frequentemente perché consentono di avere una netta separazione del locale di applicazione del prodotto dai restanti ambienti di lavoro, con evidenti benefici per la sicurezza dei lavoratori consentendo anche di evitare problemi qualitativi dovuti alla presenza di polveri sui pezzi lavorati.
E' necessario prevedere uno spazio di circa 1 m tra le pareti della cabina e l'oggetto da trattare, mentre per quanto riguarda l'altezza interna della cabina, è difficile fissare un valore, ma uno spazio di 1 m tra il bordo superiore del supporto e il soffitto dovrebbe essere un minimo da rispettare.

Direzione dell'aria

"*Ventilazione verticale*" - la ventilazione verticale dovrebbe essere applicata per i trattamenti effettuati su oggetti che non possono essere sospesi o posti su un supporto che gira a causa del loro peso o delle loro grandi dimensioni, obbligando l'operatore a girargli attorno (come nel caso di tavoli e mobili montati di grandi dimensioni). L'aria entra in cabina tramite una camera filtrante (plenum) che costituisce il soffitto della cabina. L'aria inquinata viene estratta a livello del pavimento, per esempio tramite una fossa centrale o dei canaletti paralleli posizionati nella struttura inferiore della cabina o scavati nel suolo. La condizioni ottimali in una cabina di questo tipo sono i seguenti:

- il plenum soffiante deve costituire la maggior parte possibile del soffitto della cabina, per evitare turbolenze;
- è opportuno che vi sia una giuntura svasata tra il condotto di arrivo dell'aria e il plenum;
- la velocità per l'aria che entra nel plenum va limitata (una velocità dell'aria superiore a 0,3 m/sec all'entrata nel plenum provoca turbolenze nel flusso d'aria all'interno della cabina);
- la temperatura dell'aria nel plenum deve essere omogenea quando il dispositivo di riscaldamento è in funzione, al fine di evitare una ventilazione irregolare nel tempo.

Per quanto riguarda il pavimento, l'omogeneità del flusso d'aria proveniente dal soffitto non deve essere perturbata dal sistema d'estrazione al suolo, che può presentare varie configurazioni

- estrazione tramite fossa o canale centrale con aspirazione uni o bilaterale;
- estrazione tramite falsi canali su fossa unica con aspirazione uni o bilaterale;
- estrazione con canali indipendenti.

Può essere fatto uso di dispositivi quali lamiere deflettrici piazzate nella fossa o nei canali al fine di rendere l'aspirazione più uniforme su tutta la superficie aspirante quando l'aspirazione è unilaterale. Una profondità sufficiente della fossa o dei canali è un fattore che favorisce la verticalità del flusso d'aria all'interno della cabina. Una superficie d'aspirazione troppo debole a livello del suolo accelera la velocità d'aria al livello inferiore dei pezzi da verniciare.

"*Ventilazione orizzontale e obliqua*" - questi sistemi di ventilazione presentano un grosso inconveniente; quando l'operatore deve girare attorno all'oggetto, si trova ad un certo punto di fronte all'entrata dell'aria e posizionato in atmosfera inquinata, poiché la parete aspirante è dietro la sua schiena. Di conseguenza questo tipo di ventilazione è sicuro solo se:

- l'operatore non deve girare attorno al pezzo;
- il pezzo è piazzato su supporto che ne permette la rotazione sul posto o è attaccato a un supporto girevole.

Con la ventilazione orizzontale l'aria circola nel senso della lunghezza della cabina: entra attraverso dei filtri a secco disposti su una parete ed esce dalla parte opposta, attraverso altri filtri a secco o un velo d'acqua analogo a quello delle cabine aperte. Con la ventilazione obliqua l'aria è introdotta dal soffitto ed è aspirata dalla parete laterale attraverso un filtro a secco o un velo d'acqua.

Portata d'aria e ricambio d'aria

I criteri di portata e di rinnovo dell'aria di una cabina chiusa non permettono di caratterizzare l'efficacia di ventilazione. Solo la velocità dell'aria la sua direzione e l'omogeneità della sua ripartizione sono rappresentative della ventilazione.

Pressione dell'aria

Una leggera sovrappressione, dell'ordine di un decimo di Pascal, all'interno di cabine chiuse contribuisce a mantenere la stabilità di ventilazione. Permette, inoltre, di lavorare in un'atmosfera priva di polvere.

Riciclo dell'aria

Le norme italiane vietano il riciclaggio in cabina dell'aria durante la fase di applicazione del prodotto, poiché l'operatore deve rimanere in atmosfera pulita.

8.2.3 Cabine di grande lunghezza

Per gli impianti di grandi dimensioni (detti tunnel, costituiti da cabine aperte alle estremità) i criteri di ventilazione sono quelle descritti per le cabine chiuse; la ventilazione è verticale poiché il flusso d'aria percorre lo spazio interno dall'alto in basso. In queste cabine un'efficace ventilazione si può ottenere sia con una ventilazione totale, sia tramite una ventilazione frazionata in tronconi, sia tramite una zona ventilata nella quale si sposta il supporto. Dovrebbe essere prevista una zona ventilata di almeno 6 m per ogni operatore. Occorre impedire che la spruzzatura avvenga in zona non ventilata; una leggera ventilazione deve essere mantenuta anche nelle parti non utilizzate della cabina, per assicurare la continua eliminazione dei vapori prodotti dal pezzo appena verniciato.

8.2.4 Sistemi di essiccazione/indurimento

Gli aspetti inerenti la salute e la sicurezza dei lavoratori (connessi con il rischio di inalazione di sostanze dannose o il rischio di esplosione derivante dalla presenza di vapori infiammabili) relativi alla fase di applicazione, sono pertinenti anche alla fase di essiccazione e indurimento, durante la quale continua il rilascio di vapori di solvente contenuto nel prodotto verniciante, adesivo o nella resina (con possibilità anche di risultati ambientali collegati all'emissione di COV nell'atmosfera esterna).

Durante la fase di asciugatura dei pezzi trattati (detta anche fase di appassimento) si devono mantenere quindi gli oggetti appena lavorati in un luogo equipaggiato da un dispositivo di evacuazione o di distruzione dei vapori di solvente. Questo luogo può essere integrato o meno alla cabina di spruzzatura. Nel caso di una linea automatica equipaggiata da un convogliatore, la zona situata tra la cabina e il forno di essiccazione deve essere coperta ed aspirata in modo da non disperdere nell'ambiente di lavoro i vapori di solvente rilasciati.

La velocità e il numero di ricambi d'aria da utilizzarsi nelle zone di essiccatura sono funzione dei quantitativi di sostanze volatili utilizzati, con evidenti considerazioni relative al reintegro di aria calda.

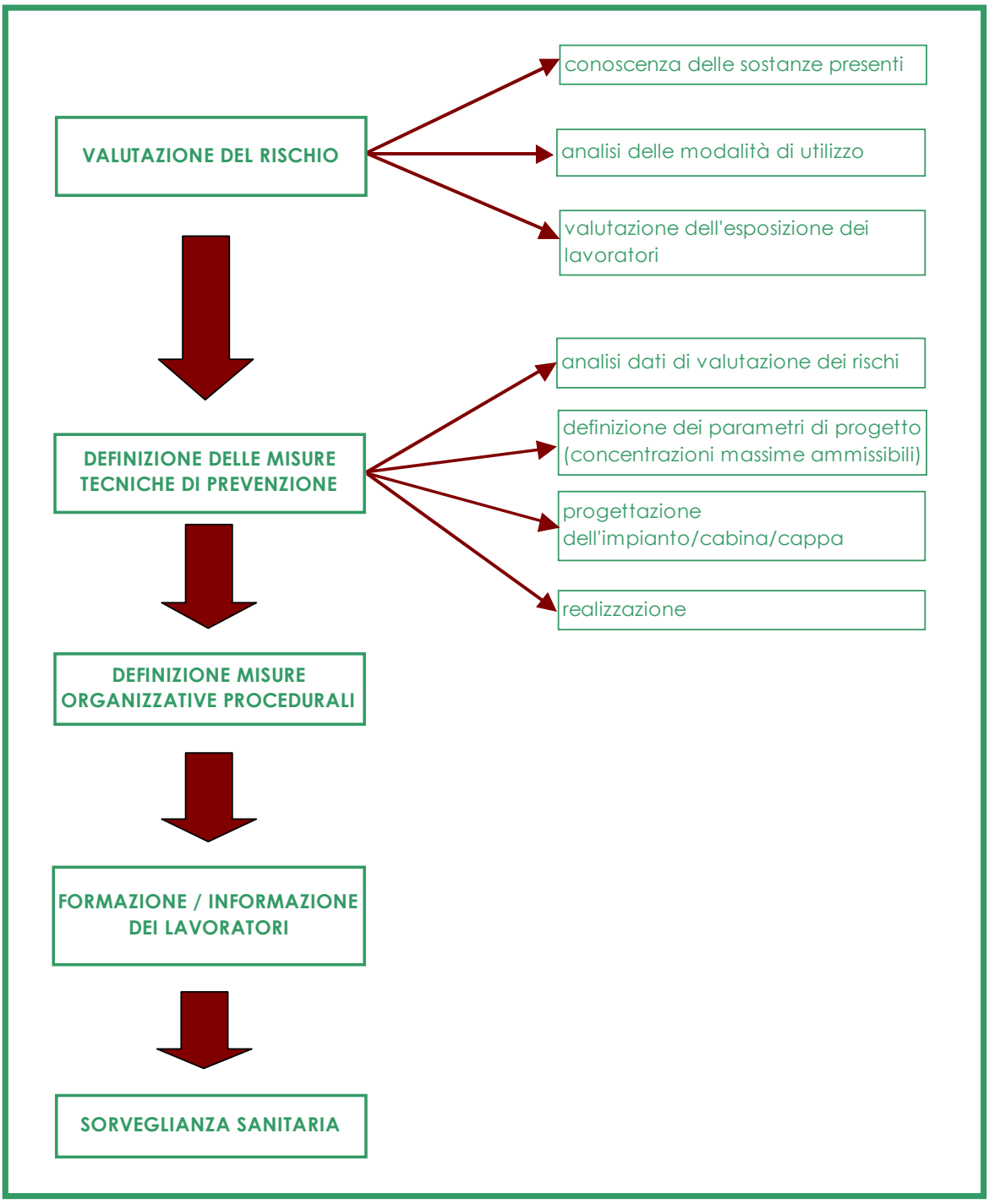
In ogni caso è da evitare il ricircolo interno di aria filtrata.

Zone aspirate per la pulizia delle pistole e la preparazione dei prodotti da applicare

Al fine di evitare di inquinare l'ambiente di lavoro, devono essere previste specifiche installazioni per la pulizia delle pistole e dei loro accessori e per la preparazione dei prodotti da applicare (miscelazione e diluizione). Tali zone possono essere opportunamente equipaggiate da un piano di lavoro, da una vasca per il solvente, da un bidone di recupero dei solventi usati e da un sistema di aspirazione dell'aria dotato di idoneo filtro.

8.3 PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE CABINE, IMPIANTI ASPIRANTI, CAPPE, ETC.

Lo scopo del presente manuale esula dalla progettazione e predisposizione degli impianti aspiranti all'interno delle aree di lavoro, materia oggetto di specifiche pubblicazioni inerenti la salute dei lavoratori, ma può risultare utile definirne i passaggi logici fondamentali, sintetizzati tramite lo schema seguente:


VALUTAZIONE DEL RISCHIO
conoscenza delle sostanze presenti
analisi delle modalità di utilizzo
valutazione dell'esposizione dei lavoratori
DEFINIZIONE DELLE MISURE TECNICHE DI PREVENZIONE
analisi dati di valutazione dei rischi
definizione dei parametri di progetto (concentrazioni massime ammissibili)
progettazione dell'impianto/cabina/cappa
realizzazione
DEFINIZIONE MISURE ORGANIZZATIVE PROCEDURALI
FORMAZIONE / INFORMAZIONE DEI LAVORATORI
SORVEGLIANZA SANITARIA

In ogni caso, una corretta adozione delle misure di prevenzione, come si vede nel diagramma a blocchi, prevede l'intervento sinergico di almeno 3 figure professionali ben individuate:

1) valutatore del rischio;
2) tecnico progettista / impiantista;

3) medico competente in materia (in materia di prevenzione)

Se si commettono errori in questa fase, viene pregiudicata anche la progettazione degli impianti di abbattimento delle emissioni in ambiente esterno.

Nota:

Per quanto riguarda la valutazione dell'esposizione dei lavoratori da aerodispersi, è opportuno tenere presente che una riduzione di solvente nei prodotti liquidi utilizzati riduce anche il rischio di contatto cutaneo.

9 BIBLIOGRAFIA

LEGNO / MOBILI

- *Comparazioni tecniche, aspetti applicativi e considerazioni economiche relative alle vernici all'acqua e a solvente*, OECE Industrie chimiche.
- *Cicli di verniciatura ad essiccazione UV privi di solvente,* Alberto Galbiati, IVE Vernici www.ivevernici.com
- *Wood forniture – The clean air act amendments of 1990 and pollution prevention opportunities*, NEWMOA The northeast waste management officials association & NESCUM The northeast states for coordinated air use management, 1997
- EPA technical bulletin- July 2001
- *Verde aureo dell'Architettura* - Serena Omodeo –Salè. Maggioli editore
- *Verniciatura a basso impatto ambientale* - A. Vignali- Pitagora Editrice Bologna
- *Sicurezza nelle falegnamerie e nelle aziende di verniciatura: polveri e sostanze volatili* - Pierluigi Offredi
- Rivista di settore "Professione Verniciatore del Legno"
- Materiale vario reperito presso i fornitori segnalati
- Treccani – Lessico Universale
- www.larivistadelcolore.com
- www.legnolegno.it
- www.vicenzanews.it

METALMECCANICO

- *Guide to industrial assessments for pollution prevention and energy efficiency*, EPA, giugno 2001.
- http://www.cage.rti.org/index.cfm
- http://www.sage.rti.org/altern.cfm
- *Verniciatura a basso impatto ambientale,* A. Vignali, Pitagora Editrice Bologna, 1994.
- *Studio su tecnologie più pulite per i settori produttivi della Provincia di Lecco*, Ambiente Italia – Istituto di ricerche.
- Environmental Protection Agency (USA)

http://www.epa.gov

- Pacific Northwest Pollution Prevention Resource Center
  http://www.pprc.org
- North Carolina Division of Pollution Prevention and Environmental Assistance (DPPEA)

http://www.p2pays.org/

VETRORESINA

- sito della P.R.S. - Plastici Rinforzati Spangaro s.n.c.
- sito della International Yachtpaint
- rivista "Periziavela – Scafo e chiglia" di Dario Farabegoli
- sito della Riba Compsites
- sito "Alewings" – settore modellistica
- "Living Document" della Fiberglass Fabrication Industry
- rivista mensile per l'industria delle materie plastiche e della gomma – Macplas, marzo 2001
- sito EnviroSense dell'EPA – riferimento a pubblicazioni "EPA guide to pollution prevention: the marine maintenance and repair industry", 1991, "EPA guide to pollution prevention: the fiberglass-reinforced and composites plastics industry", 1991 e "Pollution prevention strategies in fiberglass boat building and open molds plastics industries" – University of Eastern Carolina, 1987
- Manuale "Il poliestere rinforzato e altri materiali compositi", Giovanni Carabelli, ITIP, 1986.
- pubblicazione "Waste reduction strategies for fiberglass fabricators" di David Hillis e Darryl Davis della Eastern Carolina University
- articolo "Controlled sprayng – new techniques for efficiency – with no downside", rivista Composites Fabrication, marzo 1998, volume, 14 numero 3
- articolo "Polyurethanes taken step by step", di Brent Strong . Bregham Young University
- pubblicazione "Reducing volatile emissions in fiber reinforced plastics industry", University of Minnesota

CALZATURIERO

- *Il rischio di epatossicità nei lavoratori dell'industria calzaturiera*, Massimo Clementi, Edizioni Universitarie Romane

- *La pelle – Il recupero dei rifiuti dell'industria conciaria e calzaturiera,* Michele Mincarini- ENEA, gennaio 1998.
- *Waterbased adhesives technology review*, settembre 1998, Pacific Northwest Pollution Prevention Resource Center (PPRC), sito web: www.pprc.org
- *Hot melt adhesives technology review*, settembre 1998, Pacific Northwest Pollution Prevention Resource Center (PPRC), sito web: www.pprc.org
- *Radiant-cured adhesives technology review*, settembre 1998, Pacific Northwest Pollution Prevention Resource Center (PPRC), sito web: www.pprc.org
- *Ultraviolet and electron beam(/UV/EB) cured coatings, inks and adhesives*, luglio 2001, United States Environmental Protection Agency (EPA), Office of Air Quality, sito web: www.epa.gov
- *Raw materials substitution in the women's shoe industry,* Commonwealth of Pennsylvania – Department of environmental protection, Success Story, sito web: http://es.epa.gov/

TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA E L'ABBATTIMENTO

- Manuale del verniciatore, 2002 - H. B. Pierre editrice
- Pubblicazione "Tecnologie di abbattimento dei composti organici volatili nella produzione di materiali plastici rinforzati" di Angelo Cortesi – AREA Science Park Trieste, 2001
- *Sicurezza nelle falegnamerie e nelle aziende di verniciatura: polveri e sostanze volatili* - Pierluigi Offredi
- *Verniciatura a basso impatto ambientale* - A. Vignali- Pitagora Editrice Bologna